

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ ІМЕНІ ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

Факультет електроніки

(повна назва інституту/факультету)

Кафедра електронних приладів та пристроїв

(повна назва кафедри)

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

_____ Л.Д. Писаренко
“ ” _____ 201__ р.

Дипломний проект

освітньо-кваліфікаційного рівня «Спеціаліст»

(назва ОКР)

з спеціальності :

171- Електроніка

Спеціалізація:

Електронні прилади та пристрої

на тему: Частотомір до 50 МГц на мікроконтролері

Виконав:

Студент III курсу, гр. ДЕ-пб1

_____ **Михайлов Денис Андрійович** _____

(прізвище, ім'я, по батькові)

(підпис)

Керівник Проф., д.т.н., проф. Денбновецький С.В. _____

(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

(підпис)

Консультанти:

Нормоконтроль доцент, к.т.н. доцент Чадюк В О _____

(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

(підпис)

Рецензент доцент.,к.т.н. доцент Витязь О. О. _____

(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

(підпис)

Засвідчую, що у цьому дипломному проекті
немає запозичень з праць інших авторів без
відповідних посилань.

Студент _____
(підпис)

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ ІМЕНІ ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

Факультет Е л е к т р о н і к и
Кафедра Електронні прилади та пристрої
Освітньо-кваліфікаційний рівень: Спеціаліст
Спеціальність: 171 – Електроніка
Спеціалізація : Електронні прилади та пристрої

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри, проф., д.т.н.
_____ Л.Д.Писаренко
«___» _____ 2019 р.

ЗАВДАННЯ

на дипломний проект студенту
Михайлов Денис Андрійович

1. Тема проекту «Частотомір до 50 МГц на мікроконтролері»

і керівник проекту Денбновецький Станіслав Володимирович, проф.

затверджені наказом по університету від «__» _____ 2019 р., № _____

2. Строк подання студентом проекту «10» грудня 2019 р.

3. Вихідні дані до проекту: Частота 50 МГц, напруга 9В

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки: Анотація; вступ; огляд науковотехнічної літератури по схемо-технічним принципам побудови та функціонування Частотоміру до 50 МГц на мікроконтролері; розробка схем функціональної (структурної, електричної принципової) пристрою (що розробляється); розробка та дослідження фізикоматематичної моделі пристрою (що розробляється); розробка конструкторської документації на пристрій (складальне креслення на пристрій або на друковану плату); технологія виготовлення основного модуля пристрою або друкованої плати; висновки; перелік використаної науково-технічної літератури.

5. Перелік графічного матеріалу: електрична принципова схеми пристрою, креслення друкованої плати; плакати з рисунками, графіками та формулами.

7. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів дипломного проекту	Строк виконання етапів проекту	Примітка
1	Огляд науково-технічної літератури по системам та методам	10.03.2019– 22.03.2019	
2	Розробка структурної та електричної принципової схеми пристрою. Вибір елементної бази	25.03.2019– 06.04.2019	
3	Розрахунок параметрів та характеристик пристрою	09.04.2019– 20.04.2019	
4	Конструктивно – технологічний розрахунок друкованої плати пристрою	23.04.2019– 03.05.2019	
5	Розробка друкованої плати та складального креслення друкованої плати пристрою	06.05.2019– 17.05.2019	
6	Розробка конструкторської документації на пристрій	20.05.2019– 24.05.2019	
7	Технологія виготовлення друкованої плати пристрою	27.05.2019– 01.06.2019	
8	Програмна реалізація пристрою. Розробка алгоритму роботи	04.06.2019– 14.06.2019	
9	Оформлення пояснювальної записки, креслення, плакатів з формулами та графіками, підготовка доповіді	15.06.2019	

Студент гр. ДЕ-пб1 _____ **Д.А. Михайлов**

Керівник проекту _____ **С.В Денбновецький**

[illegible]

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до дипломного проекту

на тему: «Частотомір до 50 МГц на мікроконтролері»

Київ – 2019

РЕФЕРАТ

Частотомір до 50 МГц на мікроконтролері

Дипломний проект освітньо-кваліфікаційного рівня «Бакалавр» спеціальності 171- Електроніка, спеціалізації – Електронні прилади та пристрої. Михайлов Денис Андрійович. КПІ ім. Ігоря Сікорського. Факультет електроніки, кафедра «Електронні прилади та пристрої». Група ДЕ-п61. – К.: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – _____ с., іл. ____, табл. ____.

Ключові слова: Частота, виміри, цифровий

Короткий зміст роботи: В дипломному проекті представлено огляд науково-технічної літератури по Частотоміру до 50 МГц на мікроконтролері. Показано перспективи використання таких пристроїв для вимірювання частоти. Приведено результати дослідження фізико-математичної моделі приладу та результати розрахунку параметрів та характеристик частотоміра. Результати експериментальних випробовувань відрізняються від теоретичних розрахунків на 8-15 %. Розроблена конструкція пристрою, структурна, функціональна та електрична принципова схеми частотоміра, який може забезпечити наступні параметри:

- Діапазон вимірювання від 0-50 МГц;
- Похибку вимірювання частоти 0,2 Гц;
- Малі габарити приладу ;
- Середній час наробки на відмову складає $3,84 \times 10^6$ год.

АНОТАЦІЯ

В дипломному проекті представлено огляд науково-технічної літератури по Частотоміру до 50 МГц на мікроконтролері. Показано перспективи використання таких пристроїв для вимірювання частоти. Приведено результати дослідження фізико-математичної моделі приладу та результати розрахунку параметрів та характеристик частотоміра. Результати експериментальних випробовувань відрізняються від теоретичних розрахунків на 8-15 %. Розроблена конструкція пристрою, структурна, функціональна та електрична принципова схеми частотоміра, який може забезпечити наступні параметри:

- Діапазон вимірювання від 0-50 МГц;
- Похибку вимірювання частоти 0,2 Гц;
- Малі габарити приладу ;
- Середній час наробки на відмову складає $3,84 \times 10^6$ год.

S U M M A R Y

The diploma project presents a review of scientific and technical literature on the Frequency Meter up to 50 MHz on the microcontroller. The prospects of using such devices for measuring the frequency are shown. The results of the study of the physical and mathematical model of the device and the results of the calculation of the parameters and characteristics of the frequency meter are presented. The results of experimental tests differ from theoretical calculations by 8-15%. The design of the device, the structural, functional and electrical principle diagram of the frequency meter, which can provide the following parameters:

- Measuring range from 0-50 MHz;
- Frequency measurement error 0,2 Hz;
- Small dimensions of the device;
- The average write-off time is 3.84×10^6 hours.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ.....	10
ВСТУП.....	11
1.ОГЛЯД НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ ЛІТЕРАТУРИ ПО ПРИЛАДАМ.....	13
2. ВИМОГИ ДО РОЗРОБКИ ВИМІРЮВАЧА ЧАСТОТИ.....	17
2.1 Обґрунтування вимог до конструкції пристрою.....	17
2.2 Обґрунтування вимог до експлуатації пристрою.....	17
2.3 Обґрунтування вимог по умовам зберігання пристрою.....	18
2.4 Обґрунтування вимог по завадозахищеності пристрою.....	18
2.5 Обґрунтування вимог використання комплектуючих елементів.....	19
2.6 Обґрунтування вимог до умов опору.....	19
3. РОЗРОБКА СХЕМИ.....	20
3.1 Розробка електричної структурної.....	20
3.2 Вибір та опис схеми принципової.....	22
4. РОЗРАХУНОК ПРОЕКТУ.....	25
4.1 Розрахунок вузла фільтрів.....	25
4.2 Конструктивний розрахунок.....	27
4.3 Розрахунок надійності схеми.....	40
4.4 Оцінка похибок вимірювання частоти.....	48
4.5 Розрахунок теплового режиму.....	51
5. РОЗРОБКА ТА ОПИС КОНСТРУКЦІЇ ПРИСТРОЮ.....	55
5.1 Обґрунтування та опис конструкції схеми.....	55
5.2 Обґрунтування вибору матеріалів.....	55
6. ТЕХНОЛОГІЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ПРИЛАДУ.....	57
6.1 Маршрутна технологія виготовлення друкованої плати.....	57
6.2 Маршрутна технологія збірки та монтажу схеми.....	57
7. ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ.....	59
7.1. Розрахунок собівартості та оптової ціни.....	59
7.2. Розрахунок економічної ефективності.....	78

					БР.171.061.004 ПЗ	Апк
Змн.	Апк.	№ докum.	Підпис	Дата		8

ВИСНОВКИ.....	81
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНОЇ НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	82
Додаток А. Технічне завдання	
Додаток Б. Перелік елементів	
Додаток В. Специфікація	

					БР.171.061.004 ПЗ	Апк
						9
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

МК – мікроконтролер;

ДП – друкована плата;

					БР.171.061.004 ПЗ	Арк
						10
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		

ВСТУП

Завдання диплому - розробка та зміцнення навичок самостійної роботи при вирішенні конкретної задачі, освоєння методу розрахунку та проектування виробів.

Метою роботи є розробка радіоелектронного пристрою - вимірювача частоти сигналу на поточному ТЗ. Конкретно 50МГц – діапазон вимірювання.

У даній дипломній роботі необхідно провести розрахунок основних параметрів розроблюваного виробу, а також виконання вимог, що пред'являються до системи при її реалізації.

Частотоміри широко використовуються при випробуванні радіоелектронної апаратури, а також надають велику допомогу в конструюванні, ремонті і регулюванні більш складних електронних виробів.

Розроблюваний прилад відноситься до цифрових частотомірів, які набули (сучасно елемен бази) найбільшого поширення, принцип дії яких полягає в підрахунку числа періодів вимірюваних коливань за певний проміжок часу. Цей тип частотомерів відрізняється більш високою точністю, великим діапазоном вимірюваних частот, меншою похибкою вимірювань.

Ці прилади зручні в експлуатації, мають широкий діапазон вимірюваних частот (від декількох герц до сотень мегагерц) і дозволяють отримати результат вимірювання з високою точністю (відносна похибка вимірювання частоти 10-610-9).

Цифрові частотоміри є багатофункціональними приладами, від режиму їх роботи можна проводити вимірювання не тільки частоти, але і інтервалів часу (періоду проходження періодичних сигналів).[1]

Вольтметр-частотомер, призначений для вимірювання середньоквадратичного значення напруги промислових мереж з номінальною частотою до 50 МГц і частоти напруги. Він може бути використаний для визначення якості електроенергії при її виробництві і споживанні, а також для вимірювання напруги і частоти автономних мотогенераторів.

					БР.171.061.004 ПЗ	Анк
						11
Змн.	Анк.	№ докum.	Підпис	Дата		

Технічне завдання.

Мінімальна вхідна напруга сигналу (мВ)	100
Максимальна вхідна напруга сигналу(В)	3
Нижня межа діапазону частот, Гц	10
Верхня межа діапазону частот, МГц	50
Коефіцієнт частотних похибок не більше, Гц	0,1-0,3Гц
Робочий діапазон температур °С	10 - 50
Час відображення частоти, с	5

					БР.171.061.004 ПЗ	Анк
Змн.	Анк.	№ докum.	Підпис	Дата		12

1. ОГЛЯД НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ ЛІТЕРАТУРИ ПО ПРИЛАДАМ .

Було проведено літературний пошук аналогів розроблюваного устрою: «Вимірювач частоти пульсу» [2]. Розроблюваний частотомір має розширений діапазон виміру частоти сигналів в порівнянні з аналогом [2], відрізняється універсальністю, що призводить до розширення сфери його застосування, має більш низьку відносну і абсолютну похибку, відрізняється простотою елементної базою [3].

Таблиця 1 - Порівняльний аналіз аналогів

Критерії вибору	Пристрій	
	аналог	Цифрова
1	2	3
1 Спосіб вимірювання	Підрахунок числа вихідних імпульсів датчика в одиницю часу	Підрахунок числа імпульсів «наповнення», що виробляються допоміжним генератором за час між двома суміжними сигналами датчика (вимірювання тривалості періоду)

1	2	3
2 точність вимірювання	Точність недостатня через те, що на малій частоті час вимірювання неприпустимо велика	Чим нижче регистрируемая частота, тим точніше характеристики досліджуваного процесу
3 результат вимірювання	тривалості періоду	Тривалість частоти - досягається за рахунок розподілу деякої константи на поточне значення періоду
4 відображення результату	Не дозволяє оперативно простежити динаміку досліджуваного процесу	Табло висвічує протягом кожного періоду результат вимірювання частоти за попередній період, що дозволяє оператору гранично швидко оцінити тенденції зміни характеристик досліджуваного процесу.

Неухильне зростання популярності цифрових частотомерів цілком закономірний - пристрої відрізняються безперечними перевагами перед аналогами раннього випуску. Зокрема, для приладів цього типу відзначені бездоганні метрологічні показники:

- висока точність і низька похибка вимірів
- дозвіл з мінімальною величиною дискретності;
- висока швидкість вимірювань і обробки даних;
- цифровий індикатор і візуалізація результату на дисплеї;
- широкий діапазон вимірюваних частот сигналу.

Використання цифрових частотомерів дозволяє отримати достовірну інформацію в найкоротші терміни. Прилади сумісні з будь-яким обладнанням, заснованим на прийомі-передачі сигналів різної природи і потужності.

При експлуатації радіоприладів і електротехніки також широко застосовується більш вдосконалений аналог вимірювального приладу - цифровий частотомір. Робота цифрового частотоміра полягає в вимірі точної кількості імпульсів окремого сигналу за певний відрізок часу. За допомогою цього приладу можна дізнатися точну частоту, на яку налаштований приймач, трансивер або інший подібний технічний пристрій. В останні роки особливою популярністю користується кишеньковий цифровий частотомір, принцип дії якого ідентичний настільного цифровому частотоміри.[4]

	PIC16F876	PIC16F84	ATmega8
Діапазон	0,1Гц-50МГц	0,1 Гц – 60 МГц	1Гц - 1МГц
Живлення	8-15В	8-16В	5В
Похибки	$\pm 0,2$ Гц	$\pm 0,5$ Гц	± 1 Гц
Час	3 с, 10 с, 30 с.	0,1; 1 и 10 с	1с (1кГц - 1МГц) и до 10с (1Гц - 1кГц)
Струм	60mA	50mA	<50mA
Можливості	Вимірювання частоти Вимірювання напруги джерела живлення	Частотомір	Частотомір

Висновки

Проаналізувавши проблеми і недоліки приладу робимо висновок що прилад повинен мати великий діапазон вимірювання і малі похибки вимірювання. Тому для покращення приладу можливо пропонувати заміну блоку підсилення сигналу. Таким чином, була розроблена конструкція радіоелектронного пристрою цифрового частотоміра. Були проведені розрахунок геометричних параметрів, електричних параметрів, електромагнітної сумісності, розрахунок теплових режимів. Конструкція і параметри розробленого частотоміра повністю відповідають тим вимогам, які були вказані в технічному завданні

Порівняно з іншими зразками у світі, бачимо що частотомір на PIC16F876 має меншу похибку вимірювання, а значить більшу точність. Має більші можливості, більше функції.

					БР.171.061.004 ПЗ	Апк
Змн.	Апк.	№ докum.	Підпис	Дата		16

2. ВИМОГИ ДО РОЗРОБКИ ВИМІРЮВАЧА ЧАСТОТИ.

2.1 Обґрунтування вимог до конструкції пристрою

Пристрій повинен мати у своєму складі:

- частотомір до вольтметра до 50 МГц;
- Генератор сигналів.

Мініатюрний осцилограф повинен відповідати вимогам ТЗ, ТУ і ряду проектних документів.

Принцип роботи лічильника частоти - вольтметра на мікроконтролері ПМК повинен забезпечити наступне:

- взаємозамінність змінних одного з номінальних компонентів;
- ремонтпридатність

Габаритні розміри пластини не повинні перевищувати - $0,026 \times 0,041$ м.

Конструкція блоку повинна містити наступне:

- простота використання;
- варіант ремонту;
- Доступ до всіх елементів, вузлів, які необхідно регулювати або обмінювати під час роботи.

2.2 Обґрунтування вимог до експлуатації пристрою

Під час транспортування та експлуатації контроль повинен бути здатним витримувати вплив механічних навантажень та кліматичних факторів. Програма розроблялася цілодобово, враховуючи роботу в опалюваних приміщеннях. У приміщеннях, в яких буде працювати система, примусове охолодження у вигляді кондиціонерів, вентилятори можуть бути виконані. Повітря в приміщенні, де працює система, не повинен перевищувати 75 мкг / м³ з розміром частинок не більше 3 мкм. Конструкція схеми повинна включати засоби, які ефективно гасять шуми і механічні фактори і запобігають відкладення пилу в схемі.

Джерело живлення схеми забезпечується джерелом живлення з постійною напругою 9В з відхиленням від номінальної напруги $\pm 5\%$.

На ТУ схема повинна забезпечувати кількісні значення показників надійності, які доступні цілодобово, а також при роботі з перервами. Такими показниками є

					БР.171.061.004 ПЗ	Апк
Змн.	Апк.	№ докum.	Підпис	Дата		17

розбивка і відхилення в годинах, коефіцієнт технічного використання блоку (не менше 0,8).

Поштовий індекс розраховується відповідно до встановлених стандартів - 10% елементів, що використовуються в схемі.

2.3 Обґрунтування вимог по умовам зберігання пристрою

Період зберігання вказаний в ТУ. Для зберігання системи передбачається наявність вологої та пилозахисної упаковки.

У складських приміщеннях не повинно бути агресивних забруднень (парів, кислот, лугів), які призводять до корозії. Відстань між стінами, днищем магазину і виробом повинно бути не менше 100 мм, а між нагрівачами не менше 0,5 м.

2.4 Обґрунтування вимог по завадозахищеності пристрою

При розробці системи необхідно вжити заходів для захисту від впливу зовнішніх і взаємних полів на її функціонування. У ТУ схема вказує максимально допустиме значення електричного та магнітного полів, що не впливає на надійність його роботи.

Вузли і блоки, які можуть бути джерелами шуму, повинні мати засоби, які ефективно заглушать ці перешкоди. Рекомендується розміщувати джерело перешкод і засоби утеплення в металевому корпусі для забезпечення надійного екранування.

Рівень втручання при запуску, закритті та під час роботи не повинен перевищувати норм, встановлених Комісією радіочастот Міністерства зв'язку України (Загальні українські стандарти № 1-63).

Ланцюги постачання, які є джерелом перешкод, повинні бути захищені. Рекомендується, щоб провідники заземлення кабелів в ланцюзі схеми заземлялися безпосередньо на вході і виході корпусу блоку.

2.5 Обґрунтування вимог використання комплектуючих елементів

Збірки схеми зазвичай складаються з придбаних компонентів, матеріалів і виробів вітчизняного виробництва, без особливого вибору конкретних параметрів.

					БР.171.061.004 ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		18

Термін зберігання компонентів від моменту виготовлення до моменту установки в послідовну схему не повинен перевищувати двох років. Компоненти з терміном зберігання більше двох років повинні застосовуватися до продукту в кількостях, що не перевищують 25% від загальної кількості.

Заборонено використовувати компоненти в ланцюзі в режимах і умовах, не зазначених у ТУ для цих елементів.

2.6 Обґрунтування вимог до умов опору

Електричний опір ізоляції між провідними ланцюгами і корпусом повинен, за нормальних кліматичних умов, витримувати випробувальне напруження, зазначене в ТУ без пробою і ізоляції поверхні. Нормальні кліматичні умови для схеми становлять $25 \pm 10^\circ \text{C}$, відносна вологість $65 \pm 15\%$, атмосферний тиск 730-780 мм рт.

Опір ізоляції між окремими провідними ланцюгами має бути не менше 20 МОм при нормальних робочих умовах з робочою напругою до 500 В. Максимальний контактний опір в точках прямого з'єднання деталей один з одним не повинен перевищувати $6 \cdot 10^{-4}$ Ом.

Висновки

Були встановлені вимоги до приладу. Важливу роль відіграє заводостійкість і умови зберігання приладу. Всі вимоги відповідають ТЗ.

					БР.171.061.004 ПЗ	Апк
Змн.	Арк.	№ док-м.	Підпис	Дата		19

3. РОЗРОБКА СХЕМИ

3.1 розробка електричної структурної

Блок-схема частотомера показана на малюнку. Основними його елементами є: генератор імпульсного сигналу вимірюваної частоти FX-сигналу, генератор опорної частоти, електронний ключ, лічильник імпульсів з цифровим блоком відображення і контролер, який організує роботу пристрою. Принцип його впливу заснований на вимірюванні числа імпульсів, що надходять на вхід лічильника, що відповідає 1 с, за певний проміжок часу. Цей необхідний інтервал часу вимірювання формується в блоці управління.



Сигнал FX, частота якого потрібно вимірювати, подається на вхід формувача імпульсної напруги. Тут генеруються прямокутні імпульси, частота яких відповідає частоті вхідного сигналу. Подальший трансформований сигнал надходить в один з входів електронного ключа і сигнал на другий вхід ключа є інтервалом вимірювання часу, який зберігає його відкритим протягом 1 секунди. [5]

В результаті імпульсний пакет присутній на виході електронного ключа і, таким чином, на вході лічильника. Логічний стан лічильника, в якому він

					БР.171.061.004 ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		20

розпізнається після закриття ключа, вказує блок цифрового відображення для тимчасового інтервалу, встановленого контролером.

Схема складається з 9 блоків. Перший блок є джерелом живлення. Джерело живлення для живлення пристроїв з електричною енергією. Її завданням є перетворення напруги в мережу до заданих значень, для стабілізації і для захисту від незначних збурень електроживлення.

Другий блок - калькулятор (Alu). ALP - процесорний блок, що використовується під контролем контролера для виконання арифметичних і логічних перетворень (від елементарних до елементарних) над даними, в даному випадку називаються операндами. Довжина біта операндів звичайно називається розміром або довжиною машинного слова.

Два блоки вхідного підсилювача. Вхідний підсилювач є підсилювачем постійного струму з великим вхідним опором і регульованим коефіцієнтом посилення.

Блокування фронту вхідного сигналу. При розробці цифрових пристроїв часто необхідно формувати імпульси, які прив'язані до вхідного сигналу. Якщо не висуваються високі вимоги до стабільності та тривалості формованого імпульсу, можуть бути використані схеми, засновані на диференціації або інтеграції RC-ланцюгів.

Демпфірування блоку. Атенюатор - пристрій, призначений для зменшення інтенсивності електричних або електромагнітних коливань рівномірно, стабільно або стабільно, що, як вимірювальний прилад, є мірою ослаблення електромагнітного сигналу, але також може розглядатися як передавач.

блоковий елемент шт. П'єзоелектричний елемент - електромеханічний перетворювач, виготовлений з п'єзоелектричних матеріалів, що мають специфічну форму і орієнтацію по відношенню до кристалографічних осей, за допомогою яких механічна енергія перетворюється в електричний (прямий п'єзоелектричний ефект) і електричний на механічний (зворотний п'єзоелектричний ефект).

Блок пристроїв узгодження. Узгоджувальний пристрій - це технічний пристрій, який використовується для узгодження параметрів сигналу з

					БР.171.061.004 ПЗ	Апк
Змн.	Апк.	№ докum.	Підпис	Дата		21

параметрами відправника і приймача. Він виконується як окремий блок і встановлюється безпосередньо в пристрій.

Дисплей. Дисплей є електронним засобом відображення графічної та буквено-цифрової інформації. Екрани комп'ютерів зазвичай називають моніторами.

3.2 Вибір та опис схеми принципової

Прототипом цієї схеми був 4-бітний частотомір / вольтметр на мікроконтролері PIC16C71 зі світлодіодними індикаторами. Нова схема замінює деякі застарілі та важкодоступні деталі, а мікроконтролер замінюється на 28-контактний PIC16F876A. Новий контролер може керувати в мультиплексному режимі з 4-значними світлодіодними дисплеями без зовнішніх кнопок і має два аналогових входи. Відсутній зовнішній драйвер світлодіодного дисплея або зовнішній EEPROM. Розміри нового пристрою були значно зменшені.

Мікроконтролер PIC16F87X має три типи пам'яті. Програмна пам'ять і пам'ять даних мають окрему шину даних і адресу, так що можливий паралельний доступ. Докладний опис використання EEPROM для зберігання даних наведено в розділі 4.0.

Сховище даних поділено на чотири банки, що містять загальні та спеціальні регістри (SFR).

заплановане призначення. Біти RP1 (STATUS <6>) і RP0 (STATUS <5>) призначені для управління базою даних.

Обсяг банків пам'яті до 128 байт (7Fh). На початку банку зберігаються спеціальні регістри, а потім універсальні регістри виконуються як статичні ОЗУ. Всі продані банки містять спеціальні реєстри. Деякі часто використовувані спеціальні регістри також можуть відображатися в інших банках пам'яті.

Остання версія програмного забезпечення підтримує такі функції:

- Частота вимірювання до 50 МГц
- Вимірювання напруги живлення в діапазоні 0 ... 25,5 В

					БР.171.061.004 ПЗ	Арк
						22
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		

- Викликається енергозберігаючий режим, в якому пристрій автоматично вимикається з дисплея, якщо не було натиснуто жодної клавіші або тривалий час не змінюється частота. Повернення до робочого режиму відбувається після натискання клавіші або після зміни вимірюваної частоти. Час перемикавання на зменшення споживання вибирається між 3 с, 10 с, 30 с, 60 с, 120 с, 180 с і 240 с. Режим зменшеного споживання можна вимкнути за допомогою меню

- Додано функцію запрограмованого зміщення вимірюваної частоти до значення від 0 до $\pm 99,999,9$ кГц. Це може бути корисним при вивченні сигналів биття.

- Різні режими відображення: XX.XX МГц, X.XXX МГц, XXX.X кГц
- Роздільна здатність дисплея - 100 Гц
- Похибка вимірювання 12,5 Гц
- Гістерезис показує 25 Гц

Кнопка дозволяє користувачеві перемикатися між режимами відображення частоти, лінійною шкалою або джерелом живлення. Якщо натиснути та утримувати кнопку більше 1 с, перемикається режим відображення частоти. Наприклад, якщо виміряне значення частоти становить 14,065,9 МГц, 4-бітовий дисплей може вказувати "065.9", "4.065" або "14.06". Параметри за замовчуванням для дисплея можна змінити в меню Пуск. Для цього необхідно натиснути клавішу під час увімкнення пристрою.

Мікроконтролер може бути запрограмований у ланцюзі, якщо MC34064 не запечатаний. Настійно рекомендується запечатати його тільки після повного огляду ефективності системи.

Мембрана побудована на двох друкованих платах, одна з яких служить як материнська плата, а інша - як пристрій відображення. Для досягнення малих розмірів використовуються головним чином компоненти SMT.

Він відображається на дисплеях Agilent HDSP-U103, щоб забезпечити достатній струм 0,5 мА. Середній струм, споживаний контуром, становить приблизно 20 мА в робочому режимі і менше 10 мА в режимі малої потужності. Якщо ланцюг живиться від акумулятора, це досить велика.

					БР.171.061.004 ПЗ	Апк
Змн.	Апк.	№ докum.	Підпис	Дата		23

Висновки.

Було обрано параметри, які задовольняють прилад для вирішення задачі. Оглянуто технічні вимоги, блок схема, принцип роботи приладу, опис кожного блоку. Також принцип роботи схеми електричної принципової. Основні режими роботи приладу и опис органів керування.

					БР.171.061.004 ПЗ	Анк
Змн.	Адж.	№ докum.	Підпис	Дата		24

4. РОЗРАХУНОК ПРОЕКТУ

4.1 Розрахунок вузла фільтрів

4.1.1 Розрахунок верхнього частотного фільтра

Як фільтр високих частот ми використовуємо пасивний фільтр RC:

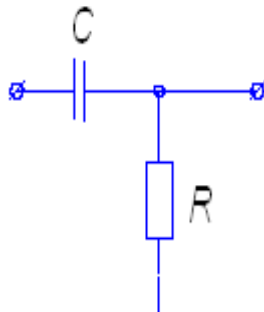


Рисунок 3 - Фільтр верхніх частот

Оскільки вхідний опір для проміжної частини приблизно дорівнює $R_6 = 2$ кОм, опір фільтра $R_5 \ll R_6$ не може бути прийнято до уваги. Для опору фільтра приймаємо $R_6 = 2$ кОм.

$$f_{\text{ср}}^B = f_H / (3 \dots 5)$$

$$f_{\text{ср}}^B = \frac{100}{4} = 25 \text{ Гц}$$

$$\tau_B = \frac{1}{2\pi f_{\text{ср}}^B} = \frac{1}{2 * 3,14 * 25} = 0,00637 \text{ с}$$

$$\tau_B = C_1 R_6$$

$$C_1 = \frac{\tau_B}{R_6} = \frac{0,00637}{2 * 10^3} = 3,185 \text{ мкФ}$$

$$C_1 = 3,3 \text{ мкФ}$$

$$f_{p1} = \frac{1}{2\pi R_6 C_1} = \frac{1}{2 * 3,14 * 2 * 10^3 * 3,3 * 10^{-6}} = 24,12 \text{ Гц}$$

					БР.171.061.004 ПЗ	Анк
						25
Змн.	Адж.	№ докum.	Підпис	Дата		

4.1.2 Розрахунок фільтра низьких частот

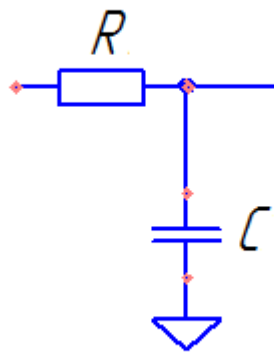
Як фільтр низьких частот ми використовуємо пасивний фільтр RC (рис. 5).

$$f_{\text{ср}}^{\text{H}} = (3 \dots 5)f_{\text{в}}$$

$$f_{\text{ср}}^{\text{H}} = 3 * 10000 = 30000 \text{ Гц}$$

$$f_{\text{ср}}^{\text{H}} = \frac{1}{2\pi\tau_{\text{H}}}$$

$$\tau_{\text{H}} = \frac{1}{2\pi f_{\text{ср}}^{\text{H}}} = \frac{1}{2 * 3,14 * 30000} = 0,0000053 \text{ с.}$$



Малюнок 5 - Фільтр нижніх частот

$$\tau_{\text{H}} = R_{15}C_2$$

$$R_{15} = 2 \text{ кОм}$$

$$C_2 = \frac{\tau_{\text{H}}}{R_{14}} = \frac{0,0000053}{2 * 10^3} = 2,65 * 10^{-9} \text{ Ф}$$

$$C_2 = 2,7 \text{ нФ.}$$

$$f_{\text{р1}} = \frac{1}{2\pi R_{12}C_2} = \frac{1}{2 * 3.14 * 2 * 10^3 * 2,7 * 10^{-9}} = 29488,086$$

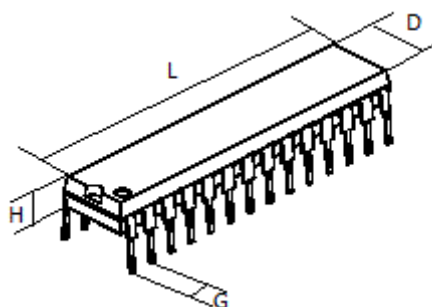
4.2 Конструктивний розрахунок

4.2.1 Дані для розрахунку

- габаритні розміри елементів схеми;
- Електрична схема ЕЗ зі списком елементів;
- діапазон оплати коефіцієнта заповнення 0,5;
 - щільність струму в провіднику $j = 20a / \text{мм}^2$;
 - Напруга живлення для IC $U_{iviv} = 9 \text{ В}$.

4.2.2 Розрахунок друкованої плати

4.2.2.1 Розрахунок площі, зайнятої PIC16F876-4 / P



$$S = L \times D,$$

де L - довжина мікроконтролера, мм;

D - Діаметр мікроконтролера, мм.

N - висота мікроконтролера, мм;

G - відстань між ніжками мм;

$$S_{\text{МК}} = 34.544 \times 7.112 = 245.676 \text{ мм}^2$$

4.2.2.2 Розрахунок площі, яку займають всі мікроконтролери:

$$S_{\text{заг.мік.}} = S \times n,$$

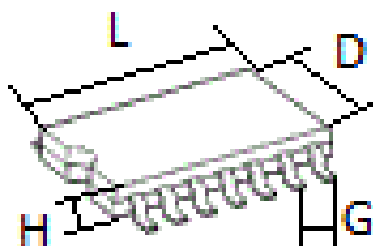
де S - площа мікроконтролера;

n - кількість конденсаторів цього типу.

$$S_{\text{заг.МК}} = 245.676 \times 1 = 245.676 \text{ мм}^2$$

					БР.171.061.004 ПЗ	Арк
						27
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		

4.2.2.3 Розрахунок площі, яку займає логічний елемент



Малюнок 5.2 – Габаритні розміри логічний елемент

$$S = L \times D,$$

де L - довжина логічного елемента, мм;

d - ширина логічного елемента, мм.

H - висота логічного елемента, мм;

G - відстань між ніжками, мм;

$$S_{\text{заг.ДА}} = 8,9 \times 2,3 = 20,47 \text{ мм}^2$$

4.2.2.4 Розрахунок площі, яку займають логічний елемент:

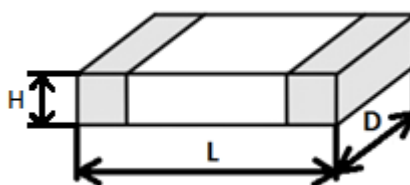
$$S_{\text{заг.ДА}} = S \times n,$$

де S – площа одного логічний елемент;

n – кількість логічний елемент даного типу.

$$S_{\text{заг.ДА}} = 20,47 \times 1 = 20,47 \text{ мм}^2$$

4.2.2.5 Розрахунок площі, яку займає резистор



Малюнок 5.3 – Габаритні розміри резисторів.

$$S_r = L \times D,$$

де L - довжина резисторів, мм;

D - ширина резисторів, мм.

H - висота опору, мм;

$$S_r = 3,10 \times 1,55 = 4,8 \text{ мм}^2$$

4.2.2.6 Розрахунок площі, яку займають всі резисторів:

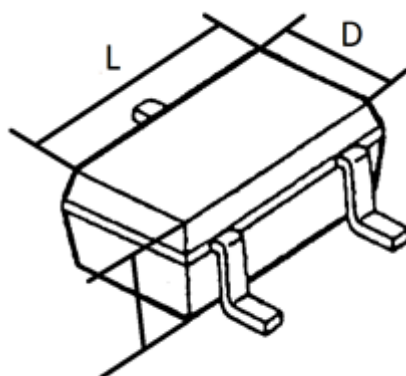
$$S_{\text{р.заг.}} = S_1 \times n,$$

де S_1 – площа одного резистора;

n – кількість резистора даного типу.

$$S_{\text{р.заг.}} = 4,8 \times 33 = 158,4 \text{ мм}^2$$

4.2.2.7 Розрахунок площі, яку займає BC817 - 40



Малюнок 5.5 – Габаритні розміри транзистора

$$S_{\text{МК}} = L \times D,$$

де L - довжина транзистора, мм;

D - ширина транзистора, мм.

$$S_{\text{vt1}} = 3,0 \times 2,5 = 7,5 \text{ мм}^2$$

4.2.2.8 Розрахунок площі, яку займають всі транзистора:

$$S_{\text{vt1.заг.}} = S_1 \times n,$$

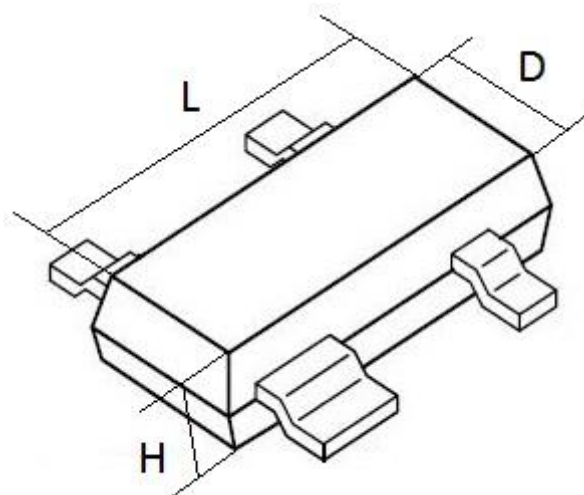
					БР.171.061.004 ПЗ	Апк
						29
Змн.	Апк.	№ докum.	Підпис	Дата		

де S_1 – площа транзисторів

n – кількість транзисторів.

$$S_{vt1.3ar.} = 7,5 \times 3 = 22,3 \text{ мм}^2$$

4.2.2.9 Розрахунок площі, яку займає BC998



Малюнок 5.5 – Габаритні розміри транзисторів

$$S_{vt2} = L \times D,$$

де L - довжина транзисторів, мм;

D - ширина транзисторів, мм.

H - висота транзистора, мм;

$$S_{vt2} = 3,0 \times 2,5 = 7,5 \text{ мм}^2$$

4.2.2.10 Розрахунок площі, яку займають всі Транзисторів:

$$S_{vt2.3ar.} = S_1 \times n,$$

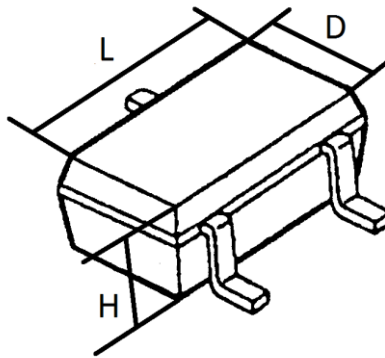
де S_1 - площа транзисторів

n - кількість транзисторів.

$$S_{vt2.3ar.} = 7,5 \times 1 = 7,5 \text{ мм}^2$$

4.2.2.11 Розрахунок площі, яку займає BFR998

					БР.171.061.004 ПЗ	Анк
Змн.	Анк.	№ докum.	Підпис	Дата		30



Малюнок 5.5 – Габаритні розміри Транзисторів

$$S_{vt3} = L \times D,$$

де L - довжина транзисторів, мм;

D - ширина транзисторів, мм.

H - висота транзистора, мм;

$$S_{vt3} = 3,0 \times 2,5 = 7,5 \text{ мм}^2$$

4.2.2.12 Розрахунок площі, яку займають всі Транзисторів:

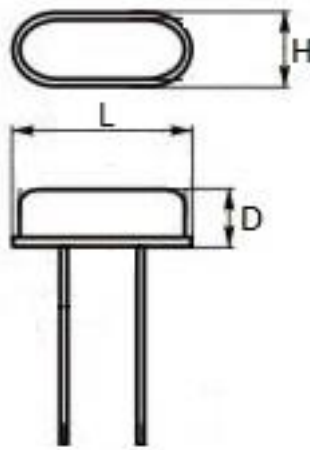
$$S_{vt3.заг.} = S_1 \times n,$$

де S_1 – площа Тр

n – кількість.

$$S_{vt3.заг.} = 7,5 \times 1 = 7,5 \text{ мм}^2$$

4.2.2.13 Розрахунок площі, яку займає кварцевий резонатор



Малюнок 5.3 – Габаритні розміри резонатор.

$$S_r = L \times D,$$

де L - довжина резонатора, мм;

D - ширина резонатора, мм.

H - висота резонатора, мм;

$$S_r = 10,5 \times 3,5 = 36,75 \text{ мм}^2$$

4.2.2.14 Розрахунок площі, яку займають всі резисторів:

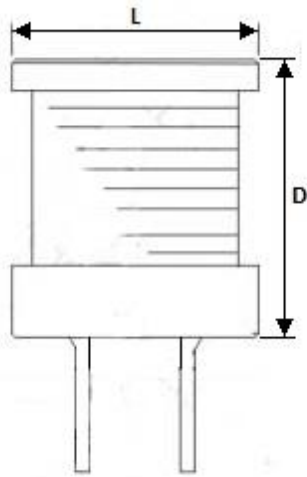
$$S_{\text{р.заг.}} = S_1 \times n,$$

де S_1 – площа одного діода 1N4148WS;

n – кількість діодів даного типу.

$$S_{\text{р.заг.}} = 36,75 \times 1 = 36,75 \text{ мм}^2$$

4.2.2.15 Розрахунок площі, яку займає дросель



Малюнок 5.6 – Габаритні розміри дросель

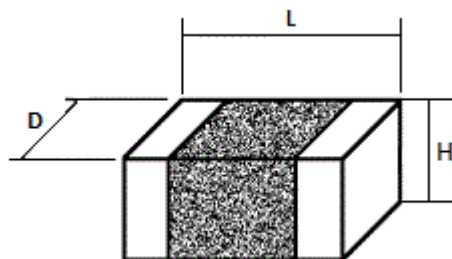
$$S_{др.} = L \times D,$$

де L – довжина дросель , мм;

D – ширина операційного дросель, мм.

$$S_{др.} = 7 \times 15 = 112 \text{ мм}^2$$

4.2.2.16 Розрахунок площі, яку займає конденсатор .



Малюнок 5.7 – Габаритні розміри конденсатор

$$S_{с.} = L \times D,$$

де L - довжина конденсатора, мм;

D - ширина конденсатора, мм.

H - висота конденсатора, мм;

					БР.171.061.004 ПЗ	Арк
						33
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		

$$S_r = 3,2 \times 1,6 = 5,12 \text{ мм}^2$$

4.2.2.17 Розрахунок площі, яку займають всі резисторів:

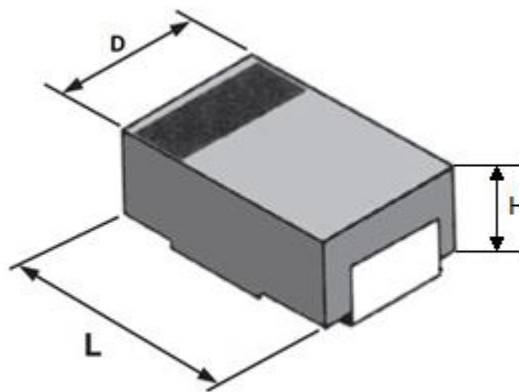
$$S_{p.зaг.} = S_1 \times n,$$

де S_1 – площа одного резистора;

n – кількість резистора даного типу.

$$S_{p.зaг.} = 5,12 \times 16 = 81,92 \text{ мм}^2$$

4.2.2.18 Розрахунок площі, конденсатора



Малюнок 5.8 – Габаритні розміри конденсатора.

$$S_k = L \times D,$$

де L - довжина регулятора напруги, мм;

D - Ширина регулятора напруги, мм.

H - висота конденсатора, мм;

$$S_k = 1,6 \times 2,8 = 4,48 \text{ мм}^2$$

4.2.2.19 Розрахунок площі, яку займають всі резисторів:

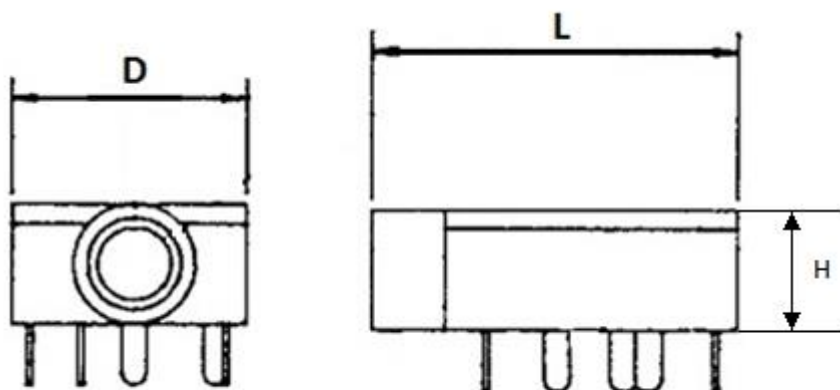
$$S_{k.зaг.} = S_1 \times n,$$

де S_1 – площа одного резистора;

n – кількість резистора даного типу.

$$S_{k.зaг.} = 4,48 \times 5 = 22,4 \text{ мм}^2$$

4.2.2.20 Розрахунок площі, яку займає порти



Малюнок 5.9 – Габаритні розміри порти.

$$S_{\text{кв.}} = L \times D,$$

де L - довжина з'єднання, мм;

D - ширина порту, мм.

H - висота з'єднання, мм;

$$S_{\text{кв.}} = 11,3 \times 9,2 = 103,96 \text{ мм}^2$$

4.2.2.21 Розрахунок площі, яку займають всі порти:

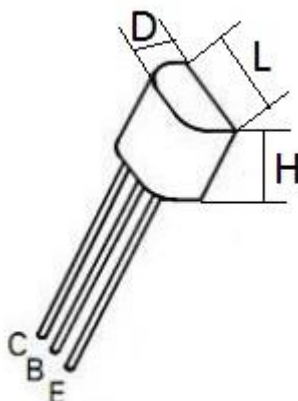
$$S_{\text{АП.}} = S_1 \times n, \quad (5.6)$$

де S_1 – площа одного порти;

n – кількість порти даного типу.

$$S_{\text{кв.}} = 103,96 \times 2 = 207,92 \text{ мм}^2$$

4.2.2.22 Розрахунок площі, яку займає логічний елемент



$$S_{\text{с.}} = L \times D,$$

де L - довжина логічного елемента, мм;

D - ширина логічного елемента, мм.

H - висота логічного елемента, мм;

$$S_{\text{r}} = 5,2 \times 5,2 = 27,04 \text{ мм}^2$$

4.2.2.23 Розрахунок площі всіх опорів:

$$S_{\text{р.заг.}} = S_1 \times n,$$

де S_1 – площа одного резистора;

n – кількість резистора даного типу.

$$S_{\text{р.заг.}} = 27,04 \times 1 = 27,04 \text{ мм}^2$$

4.2.2.24 Розрахунок площі яку займають всі ІМС:

$$S_{\text{загІМС}} = S_{\text{мк}} + S_{\text{Да.}} + S_{\text{VT1.}} + S_{\text{vt2.}}$$

$$S_{\text{загІМС}} = 245 + 35 + 7,5 + 7,5 = 295 \text{ мм}^2$$

4.2.2.25 Розрахунок загальної площі всіх висячих елементів:

$$S_{\text{не}} = S_{\text{загІМС}} + S_{\text{заг.кон.}} + S_{\text{заг.рез.}} + S_{\text{д.заг.}} + S_{\text{ст.}} + S_{\text{кв.}} + S_{\text{пор.}} + S_{\text{заг.т.пер.}} + S_{\text{заг.АР.}} + S_{\text{заг.кон.}}$$

$$S_{\text{не}} = 158,65 + 57,5 + 60 + 15,4 + 8,512 + 8 + 27,04 + 84 + 207,92 + 132,08 = 608,102 \text{ мм}^2$$

					БР.171.061.004 ПЗ	Анк
Змн.	Анк.	№ докum.	Підпис	Дата		36

4.2.2.26 Визначимо площу друкованої плати, якщо коефіцієнт заповнення 0,5:

$$S_{\text{дп}} = S_{\text{не}}/K_3$$

$$S_{\text{дп}} = 608.102/0,5 = 1306,6 \text{ мм}^2$$

4.2.2.27 Визначте розмір друкованої плати, запитавши одну з сторін, наприклад: $A = 24,51 \text{ мм}$. Тоді друга сторона друкованої плати відповідає:

$$B = S_{\text{дп}}/A$$

$$B = 1306.6/24.51 = 53.3 \text{ мм}$$

Розмір друкованої плати є: $67 \times 53.3 \text{ мм}$.

4.2.2.28 Розрахунок ширини у друкованого провідника у вузьких місцях:

$$S_{\text{пр}} = I_{\text{max}}/J,$$

де I_{max} – Максимальний струм в провіднику, 0,45 А

J -напруга на зовнішньому шарі друкованої плати, А / мм².

$$S_{\text{пр}} = 0,45/25 = 0,0325 \text{ мм}^2$$

4.2.2.29 Визначаємо фактичний переріз провідника:

$$S_{\phi} = a \times t,$$

де A - товщина плівки (0,05 мм);

t - ширина друкованого провідника другого класу точності, 0,5 мм.

$$S_{\phi} = 0,05 \times 0,5 = 0,025 \text{ мм}^2$$

4.2.2.30 Визначення діаметру отвору після металізації:

$$d_0 = d_B + (0,15 \div 0,30),$$

					БР.171.061.004 ПЗ	Апк
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		37

де d_b - діаметр виводу навісного елемента, мм.

$$d_o = 0,5 + 0,2 = 0,7 \text{ мм}$$

4.2.2.31 Визначення діаметру отвору під металізацію:

$$d_{\pi} = d_o + (0,1 \div 0,15),$$

де d_o – діаметр отвору після металізації, мм.

$$d_{\pi} = 0,7 + 0,15 = 0,85 \text{ мм}$$

4.2.2.32 Розрахунок площі контактної площадки:

$$d_k = d_o + c + 2 * b,$$

де b - необхідна радіальна товщина накладки в вузькому місці при виготовленні другого класу точності друкованої плати, мм;

c - допуск, мм.

$$d_k = 0,7 + 0,1 + 2 * 0,1 = 1 \text{ мм}$$

4.2.2.33 Розрахунок товщини друкованої плати:

$$H = d_o / K,$$

де d_{mo} – Діаметр металізованого отвору;

K - відношення номінального діаметра найменших неметалізованих отворів до товщини другого класу точності друкованої плати.

$$H = 0,85 / 0,5 = 1,7 \approx 2 \text{ мм}$$

					БР.171.061.004 ПЗ	Апк
Змн.	Апк.	№ докum.	Підпис	Дата		38

Висновок

Друкована плата складається з двосторонніх скловолокна марки СФ-2-50 з комбінованим негативним процесом офсетного друку, розмір друкованої плати становить $67 \times 53,3$ мм. Параметри друкованої плати повинні відповідати другому класу точності. Мінімальна допустима ширина провідника становить 0,25 мм. Мінімальна відстань між друкованими провідниками становить 0,1 мм.

4.3 Розрахунок надійності схеми

Надійність - це здатність виробу виконувати всі зазначені функції в заданих робочих умовах при збереженні значень основних параметрів в заданих межах. Це фізична властивість продукту, залежно від кількості та якості елементів, які вона містить, умов, за яких вона використовується, та ряду інших причин.

4.3.1 Попередній розрахунок надійності

Вона виконується при розробці базової електричної схеми виробу і не включає залежність навантаження від елементів і монтажних клем.

Таблиця 5.1 - Вхідні значення інтенсивності помилок елементів

Найменування елементів	Інтенсивність відмов $\lambda_0 \cdot 10^{-6}$ 1/год	Кількість	Добуток $N_i \cdot \lambda_0 \cdot 10^{-6}$ 1/год.
Конденсатори	0,03	25	0,72
Резистор	0,02	32	0.64
Резистор подстроечный	0.02	2	0.04
Діод	0,1	4	0.4
Катушки	0.03	4	0.12
Транзистор	0.3	6	1.8
Мікросхеми	0,8	4	3.2
Мікроконтрол	0,8	1	0,8

					БР.171.061.004 ПЗ	Апк
Змн.	Апк.	№ докum.	Підпис	Дата		39

лер PIC16F876-4/P			
Кварцовий резонатор	0,21	2	0.21
Кнопка	0,03	1	0.03

Сумарна інтенсивність відмов:

$$\lambda_0 = \sum N_i \cdot \lambda_{0i}$$

де N_i - кількість елементів i -того типу;

λ_{0i} - середньостатистична інтенсивність відмов, 1/год.

$$\lambda_0 = (0,72 + 0,64 + 0,04 + 0,4 + 0,12 + 1,8 + 3,2 + 0,8 + 0,21 + 0,03) \times 10^{-6} = 7,96 \times 10^{-6} = 0,00000796 \text{ 1/год}$$

Середній час напрацювання на відмову:

$$T_0 = 1 / \lambda,$$

де λ - інтенсивність відмов елементів, 1/год.

$$T_0 = 1 / 0,00000796 = 125628 \text{ год.}$$

Ймовірність безвідмовної роботи схеми протягом заданого часу

$$P(t) = e^{-\lambda_{\text{заг}} \times t},$$

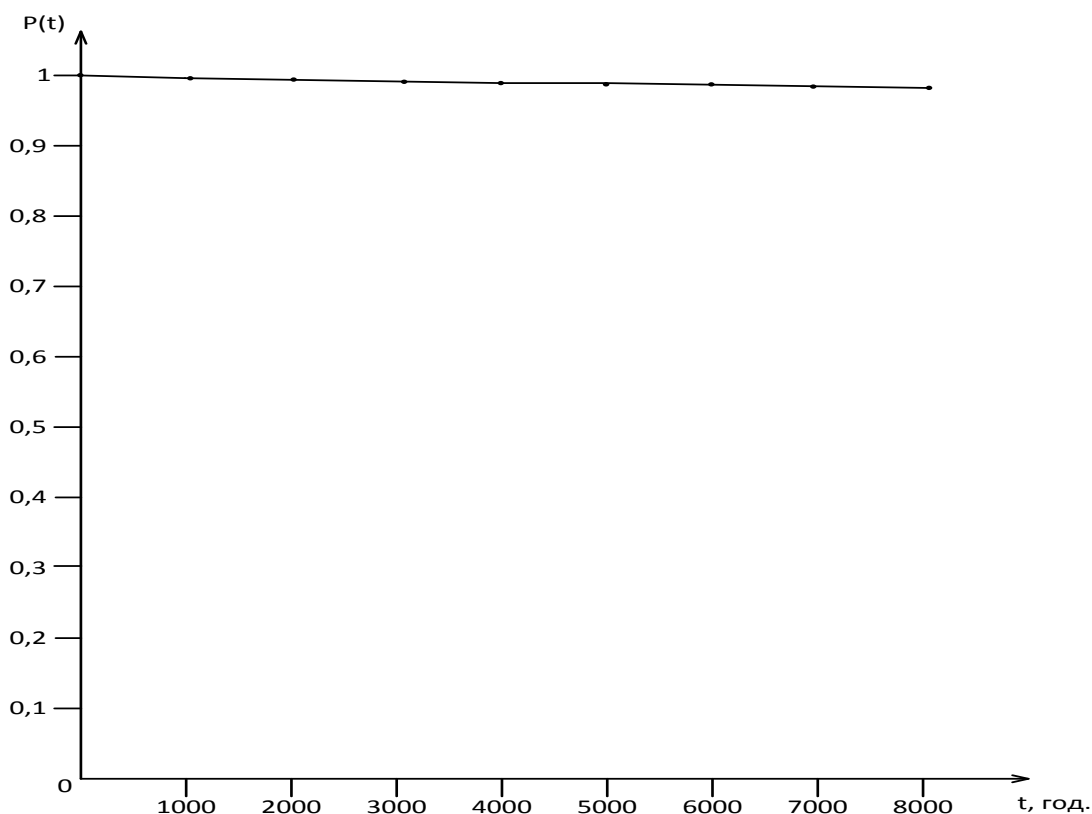
де $\lambda_{\text{заг}}$ - загальна інтенсивність відмов всіх елементів, 1/год.;

t - час роботи схеми, год

					БР.171.061.004 ПЗ	Анк
Змн.	Анк.	№ докum.	Підпис	Дата		40

Таблиця 5.2 – Ймовірність безвідмовної роботи схеми

t, год.	0	1000	2000	3000	4000	5000	6000	7000	8000
P(t)	1	0.994	0.989	0.983	0.978	0.972	0.967	0.961	0.956



4.3.2 Остаточний розрахунок надійності

Остаточний розрахунок надійності виробу проводиться з урахуванням фактичної роботи елементів схеми після перевірки макетів і збірок виробу або після ретельного розрахунку схеми з урахуванням отворів, провідників і ребер [7].

Остаточний розрахунок надійності продукції базується на наступних принципах:

- Відмова одного елемента виробу призводить до відмови всього виробу.
- Відмова від елементів є випадковою і незалежною подією.
- Інтенсивність відмови всіх елементів залежить від часу, тобто від старіння елементів

- Справедливого експоненційного закону про розподіл помилок.

Таблиця 5.3 - Інтенсивність відмов радіоелементів

Назва елемента	Позначення у схемі	Кіл. ел., n	Інтенсивність відмов λ_{0E} 10^{-6} , 1/год.	Температура, °C	Поправний коефіцієнт α_1	Поправний коефіцієнт α_2	Добуток $\lambda_{0ер} = \lambda_{0E} \times n \times \alpha_1 \times \alpha_2$
Конденсатори	C1-C24	24	0,03	25	1	0,03	0,0216
Подстроечний конденсатор	C25	1	0,03	25	1	0,03	0,0009
Резистор	R1-R28 R30-R31	30	0,02	25	1	0,03	0,018
Підлаштований резистор	R29,R32	2	0,02	25	1	0,03	0,0012
Діод	VD1-VD4	4	0,1	25	1	0,03	0,012
Транзистор	VT1, VT7	7	0,3	25	1	0,03	0,063
Катушка	L1-L4	2	0,03	25	1	0,03	0,0018
Кристал кварцу	X1,X2	2	0,21	25	1	0,03	0,0126
Кнопка	TM	1	0,03	25	1	0,03	0.0009

Інтенсивність відмов радіоелементів визначається за формулою:

$$\lambda_{0\text{epe}} = \lambda_{0\text{E}} \times n \times \alpha_1 \times \alpha_2,$$

де $\lambda_{0\text{E}}$ – середня інтенсивність відмов радіоелемента, 1/год;

n - кількість радіоелементів цього типу, штук;

α_1 - коефіцієнт впливу навантаження як функцію температури;

α_2 - Коефіцієнт впливу тиску і вологості як функції температури.

Сумарна інтенсивність відмов дорівнює:

$$\lambda_{0\text{epe.заг.}} = \sum \lambda_{0\text{epe}}$$

$$\lambda_{0\text{epe.заг.}} = 0.0216 + 0.0009 + 0.018 + 0.0012 + 0.012 + 0.063 + 0.0018 + 0.0126 + 0.0009 = 0.1320$$

					БР.171.061.004 ПЗ	Апк
Змн.	Адж.	№ докum.	Підпис	Дата		43

Таблиця 5.4 – Інтенсивність відмов ІМС

Назва елементів	Інтенсивність відмов $\lambda_{0I} 10^{-6}$, 1/год.	Коефіцієнт умов експлуатації K_1	Коефіцієнт проведення заходів підвищення надійності K_n	Інтенсивність відмов з урахуванням коефіцієнтів впливу $\lambda_E = \lambda_{0I} \times K_1 \times K_n \times 10^{-8}$, 1/год.	Кіл., п	Добуток $\lambda_{0IM} c = \lambda_E \times n \times 10^{-6}$, 1/год.
Мікрокроконтр оллер ІС1 PIC16F876-4/P	0,8	1	0,4	3,2	1	3,2
Мікросхема	0,21	1	0,4	0,84	4	3,36
Кварцовий резонатор	0,21	1	0,4	0,84	2	3,36
Друковані провідники	0,03	-	-	-	187	5,61
Контактна поверхня	0,04	-	-	-	198	7.92
Отвори	0,03	-	-	-	103	3.09

Інтенсивність відмов для ІМС:

$$\lambda_E = \lambda_{0I} \times K_1 \times K_n,$$

де λ_{0I} - інтенсивність стрибка ІМС при нормальних робочих умовах, 1 / год;
 K_1 - коефіцієнт, що враховує умови експлуатації;
 K_n - коефіцієнт, що враховує виконання заходів щодо підвищення надійності.

Загальна інтенсивність відмов ІС:

$$\lambda_{имс} = \Sigma \lambda_{0имс},$$

де $\lambda_{0имс}$ – інтенсивність відмов всіх ІМС даного типу, 1/год.

$$\lambda_{имс} = (3,2+3,36+3,36+5,61+7.92+3.09) \times 10^{-8} = 26.54 \text{ 1/год.}$$

Загальна інтенсивність відмов всіх елементів:

$$\lambda_{заг} = \lambda_{имс} + \lambda_{0ерс},$$

де $\lambda_{имс}$ - сумарна інтенсивність ІЧ-вибухів, 1 / год;

$\lambda_{0ерс}$ - сумарна інтенсивність високочастотних стрибків, 1 / годину.

$$\lambda_{заг} = (26.54 + 0,0585) \times 10^{-8} = 26.59 \times 10^{-8} \text{ 1/год.}$$

Середній час наробки на відмову:

$$T_0 = 1 / \lambda_{загл}$$

де $\lambda_{заг}$ – загальна інтенсивність відмов всіх елементів, 1/год.

$$T_0 = 1 / 26.59 \times 10^{-8} = 3,84 \times 10^6 \text{ год.}$$

Ймовірність безперебійної роботи схеми за певний час:

$$P(t) = e^{-\lambda_{заг} \times t},$$

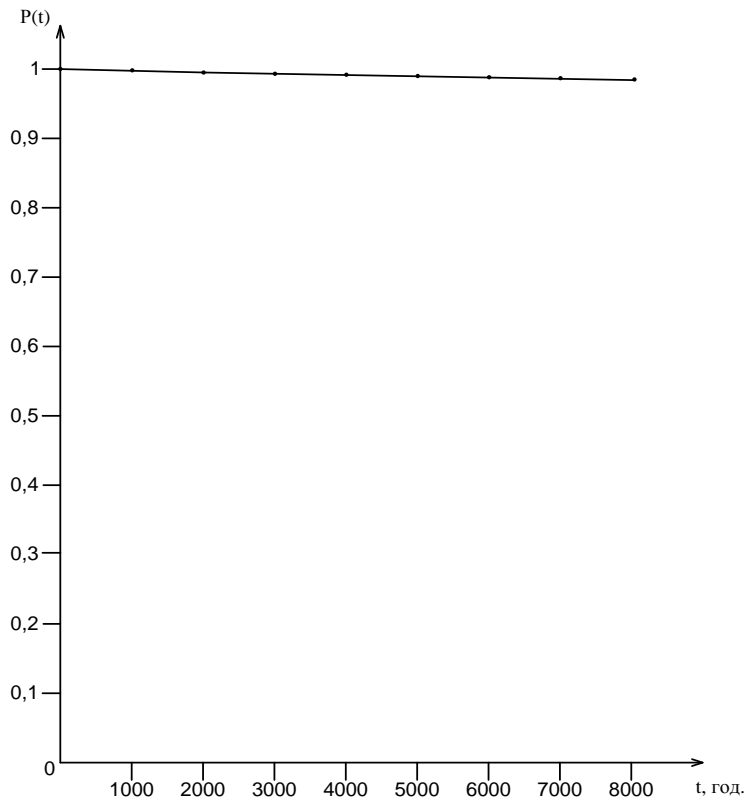
де $\lambda_{заг}$ - сумарна інтенсивність відмов всіх елементів, 1 / год;

t - час схеми, h.

					БР.171.061.004 ПЗ	АПК
Змн.	АПК	№ докum.	Підпис	Дата		45

Таблиця 5.5 – Ймовірність безвідмовної роботи схеми

t, год.	0	100	200	300	400	500	600	700	800
P(t)	1	0,9997	0,9994	0,9992	0,9989	0,9986	0,9984	0,9981	0,9979



Малюнок 6 – Ймовірність безвідмовної роботи схеми за час t

Коефіцієнт готовності схеми до роботи:

$$K_r = T_0 / (T_0 + T_v),$$

де T_0 – середній час наробни ка відмову, год;

T_v – час на відновлення несправного блоку, год.

$$K_r = 3,84 \times 10^6 / (3,84 \times 10^6 + 20) = 0,99999479$$

Коефіцієнт технічного використання блоку:

$$K_{\text{ТВ}} = T_0 / (T_0 + T_{\text{в}} + T_{\text{пр}}),$$

де $T_{\text{пр}}$ – час на профілактику, год.

$$K_{\text{ТВ}} = 3,84 \times 10^6 / (3,84 \times 10^6 + 20 + 6) = 0,99999323$$

Висновки

Як бачимо з розрахунку середній час наробки на відмову складає $3,84 \times 10^6$ год.

А загальна інтенсивність відмов всіх елементів 26.59×10^{-8} 1/год.

4.4 Оцінка похибок вимірювання частоти

Під час роботи враховуються дві основні складові похибки вимірювання. [9]

Помилка тимчасового інтервалу вибірки T_e . Кристалічний генератор використовується для збільшення точності вимірювання як джерела сигналу зразка. Оскільки кварцовий генератор є високочастотним, то в схемі частотомера можна розділити частоту на необхідне значення.

Похибка інтервалу вибірки визначається відносною нестабільністю частоти кварцового генератора, точністю кварцового осцилятора і точністю коефіцієнта розщеплення. При розрахунку відносної похибки щодо частоти моделі генератора? & sub0; це приблизно $10^{-6} \div 10^{-7}$.

Ця помилка є систематичною складовою загальної похибки вимірювання. Вона зменшується за допомогою термостатичної кварцової обробки або використанням термореактивного елемента в кварцовому генераторі. Дуже часто необхідна стабільність частоти досягається шляхом введення в схему кварцового осцилятора системи фазової автоадаптації (ФАПЧ). Похибка внаслідок неточності установки номінального значення частоти $F_{\text{в.к}}$ зменшується калібруванням кварцового генератора.

					БР.171.061.004 ПЗ	Апк
Змн.	Апк.	№ докum.	Підпис	Дата		47

Помилка вибірки (похибка дискретного рахунку) виникає тому, що кратність часу T_x не представляє цілого числа.

D_{tn} і D_{tk} - помилки вибірки початку і кінця інтервалу. Ті, що викликаються випадковим положенням стрибків, - імпульс за підрахунками; $D_{td} = D_{tn} + D_{tk}$ - повна помилка вибірки.

Похибка вибірки залежить від часової різниці часового інтервалу. Як менший T_h (вища частота), помилка менше; Якщо збільшити T_e , можна зменшити ефект D_t на загальну складову помилки.

Помилка вибірки є випадковою.

При взаємних стрибках синхронізації - імпульсів імпульсів і лічильників відсутні, помилки D_{tn} і D_{tk} з однаковою ймовірністю можуть приймати значення від нуля до T . Зручно розглядати максимальну похибку за рахунок еквівалентного ефекту довільного збільшення числа відліків N як ± 1 імпульсу.

При синхронізації стрибкових імпульсів з вимірювальними сигналами похибка вибірки має значення 0 або 1 імпульсу. Відносна похибка дискретного рахунку визначається часткою даного імпульсу по ряду імпульсів, отриманих на лічильнику.

$$\delta_d = \frac{1}{N} = \frac{1}{T_0/T_x} = \frac{1}{T_0 \times F_x}$$

Похибка вимірювання через спотворення періоду T_h вимірювального сигналу при перетворенні аналогового сигналу в дискретний, якщо вимірювання частоти не враховується. [9]

Враховуючи вищевикладене, відносна повна помилка при вимірюванні частоти цифрового частотомера нормалізується у відсотках

$$\delta_{f_{\text{вим}}} = \left(\delta_0 + \frac{1}{T_0 \times F_x} \right) * 100\%$$

Змінювати точність вимірювання можна регулюючи час вимірювання, тобто T_e .

					БР.171.061.004 ПЗ	Анк
Змн.	Анк.	№ докum.	Підпис	Дата		48

Похибка дискретизації

T_0	3с	10с	30с	60с
F_x	10Гц	100Гц	500Гц	2500Гц
δ_d	0,03	0,001	0,00006	0,000006

$$\delta_d = \frac{1}{T_0 \times F_x} = \frac{1}{3 * 10} = 0,03$$

$$\delta_d = \frac{1}{T_0 \times F_x} = \frac{1}{10 * 100} = 0,001$$

$$\delta_d = \frac{1}{T_0 \times F_x} = \frac{1}{30 * 500} = 0,00006$$

$$\delta_d = \frac{1}{T_0 \times F_x} = \frac{1}{60 * 2500} = 0,000006$$

Сумарна відносна похибка*

$$\delta_{f_{\text{вим}}} = \left(\delta_0 + \frac{1}{T_0 \times F_x} \right) * 100\%$$

$$\delta_{f_{\text{вим}}} = (10^{-6} + 0,03) * 100\% = 0.030001$$

$$\delta_{f_{\text{вим}}} = (10^{-6} + 0,001) * 100\% = 0,001001$$

$$\delta_{f_{\text{вим}}} = (10^{-6} + 0,00006) * 100\% = 0,000061$$

$$\delta_{f_{\text{вим}}} = (10^{-6} + 0,0000006) * 100\% = 0,0000016$$

Абсолютна похибку вимірювання частоти при $f = 10$ кГц, якщо час вимірювання $T_u = 10$ с, нестабільність частоти кварцового генератора $\delta_0 = \pm 1 \cdot 10^{-5}$.

Відносна похибка вимірювання частоти f з цифровим частотоміром визначається розміром

$$\delta_f = \pm(\delta_0 + \frac{1}{N}) = \pm(\delta_0 + 1/f \cdot T_u),$$

де N - число підрахованих імпульсів.

$$\delta_f = \pm(10^{-5} + 1/10^{-4} \cdot 10) = \pm 2 \cdot 10^{-5}.$$

Тогда абсолютная погрешность измерения частоты

$$\Delta_f = \delta_f \cdot f = 2 \cdot 10^{-5} \cdot 10^4 = \pm 0,2 \text{ (Гц)}.$$

					БР.171.061.004 ПЗ	Анк
Змн.	Адж.	№ док.	Підпис	Дата		49

Висновки

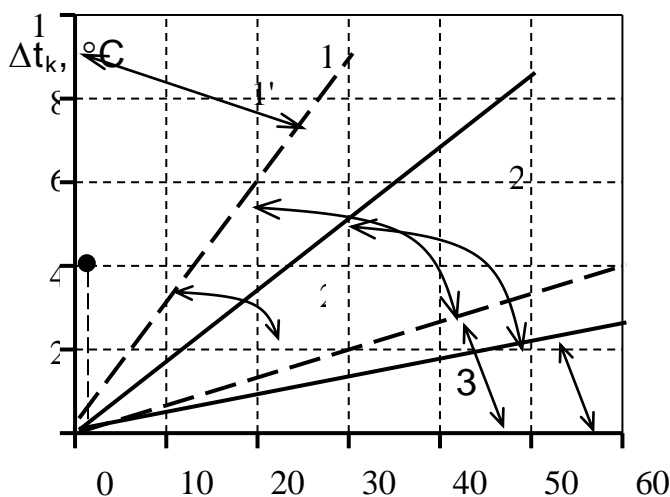
Оскільки похибка вибірки залежить від частоти сигналу вимірювання, зверніть увагу на наступне:

- Похибки вимірювання збільшуються зі зменшенням частоти вимірювання F_x ;
- при відносно низькій частоті F_x ; вона може перевищувати допустиме значення навіть при максимальному часу рахунку T_e ;
- щоб зменшити вплив помилки вибірки на результат вимірювання частоти F_x , можна зробити кілька спостережень і потім виконати статичну обробку;
- На низьких частотах корисно виміряти період і обчислити частоту.

Діапазон вимірюваних частот цифрових частотомірів обмежений похибкою вибірки, а згори - кінцевою швидкістю використовуваних лічильників - до роздільників. Верхня межа вимірювання частоти зазвичай не перевищує 200 МГц і розширюється методом суперпозиції (передачі) вимірюваної частоти в нижній діапазон частот.

4.5 Розрахунок теплового режиму

Модуль для електронних пристроїв другого рівня і вище, наприклад Блок, наприклад, є складною системою корпусу з низкою внутрішніх джерел тепла. Тому для обчислення теплових режимів модулів використовують методи наближеного аналізу та розрахунку. Метою розрахунку є визначення зони нагріву модуля і навколишнього середовища поблизу поверхні ЕРЕ.



1', 2', 3' для вертикального розташування блоків;

1, 2, 3 - для горизонтального розташування блоків;

1, 1' - без вентиляції;

2, 2' - природна вентиляція;

3, 3' -примусова вентиляція.

$q, \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}$

Змн.	Адж.	№ док.	Підпис	Дата

БР.171.061.004 ПЗ

Адж.

50

Малюнок 3 - Графік теплового навантаження блоків різної конструкції

Конструкція РЕА замінюється її фізичною моделлю тепла, в якій зона нагрівання показана у вигляді паралелепіпеда, середня температура поверхні і теплові втрати P_0 яких присутні. Залежно від орієнтації модулів 1-го рівня існують три групи структур, залежно від типу теплообміну. На рисунку 3 показана залежність між різницею температур k_{tk} і тепловою потужністю для блоків різної структури. [10]

Визначають умовну поверхню нагрітої зони S_3 , m^2 для охолодження повітря $S_3 = 2 \cdot (l \cdot b + (l + b) \cdot h \cdot K_{3.0})$,

де l, b, h - геометричні розміри блоку, m

$l = 0,11$; $b = 0,08$; $h = 0,0245$

$K_{3.0}$ - коефіцієнт заповнення обсягу ($K_{3.0} = 0,763$).

Тоді, отримаємо

$$S_3 = 2 \cdot (0,11 \cdot 0,1 + (0,11 + 0,08) \cdot 0,0245 \cdot 0,763) = 0,029104 \text{ м}^2$$

Визначимо питому потужність нагрітої зони q_3 , $Вт / м^2$, як кількість теплоти, що розсіюється з одиниці площі, $Вт / м^2$

$$q_3 = \frac{Q}{S_3},$$

де Q - потужність, що розсіюється блоком, $Вт$, що обчислюється за формулою, $Вт$

$$Q = I_{\max} \cdot U,$$

де $I_{\max} = 18 \text{ мА} = 0,018$ - максимальний струм для ланцюга харчування;

$U = 12 \text{ В}$ - напруга живлення.

Тоді, отримаємо

$$Q = 0,018 \cdot 12 = 0,162 \text{ Вт},$$

$$q_3 = \frac{0,162}{0,029104} = 5,56 \text{ Вт} / \text{м}^2,$$

					БР.171.061.004 ПЗ	Арк
						51
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		

Температура зони не повинна досягати максимального значення робочої температури елементів. Оскільки в контурі є конденсатори, параметри яких погіршуються при підвищенні температури до 70°C , температура зони дорівнює $T_z = 650^{\circ}\text{C}$. Максимальна температура навколишнього середовища, при якій пристрій працюватиме, становить $T_c = 250^{\circ}\text{C}$. Тоді різниця температур Δt_k визначається за формулою $\Delta t_k = T_z - T_c = 65 - 25 = 40^{\circ}\text{C}$. Отримали точку К (9.68, 40). Спосіб вентиляції розроблювального пристрою, можна визначити за графіком теплового навантаження блоків різної конструкції (рисунок 3). З огляду на, що в проектуваному блоці модулі розташовані горизонтально, отримуємо, що прилад відноситься до зони 1, отже, пристрій не потребує вентиляції.

Висновки

Оскільки похибка вибірки залежить від частоти сигналу вимірювання, зверніть увагу на наступне:

- Похибки вимірювання збільшуються зі зменшенням частоти вимірювання F_x ;
- при відносно низькій частоті F_x ; вона може перевищувати допустиме значення навіть при максимальному часу рахунку T_e ;
- щоб зменшити вплив помилки вибірки на результат вимірювання частоти F_x , можна зробити кілька спостережень і потім виконати статичну обробку;
- На низьких частотах корисно виміряти період і обчислити частоту.

Діапазон вимірюваних частот цифрових частотомірів обмежений похибкою вибірки, а згори - кінцевою швидкістю використовуваних лічильників - до роздільників. Верхня межа вимірювання частоти зазвичай не перевищує 200 МГц і розширюється методом суперпозиції (передачі) вимірюваної частоти в нижній діапазон частот.

За результатами розрахунку теплового режиму робимо висновок, що розробляється конструкція блоку забезпечує нормальний тепловий режим роботи без вентиляції повітря. Але пристрій містить транзистор, здатний нагріватися, що може погіршити параметри конденсатора і пристрої в цілому. Тому, доцільно в корпусі пристрою зробити вентиляційні отвори.

					БР.171.061.004 ПЗ	Апк
Змн.	Апк.	№ док.	Підпис	Дата		52

5. РОЗРОБКА ТА ОПИС КОНСТРУКЦІЇ ПРИСТРОЮ

5.1 Обґрунтування та опис конструкції схеми

Вибраний розмір плати $52 \times 25,5$ мм, що відповідає конструктивному розрахунку і має оптимальний варіант розміщення елементів, розрахована плата друкується з обох сторін. Для видалення перетину слідів використовуються монтажні і перехідні отвори. Вибір конструкції картки обумовлений широкими варіантами перемикання. Розміщення елементів на платі відбувається в обох напрямках. Фішки живляться від зовнішнього джерела живлення і інтерфейсу USB для забезпечення комфорту і технологічних особливостей дизайну. Розташування груп отворів під ІМС не є постійним і не фіксованим.

5.2 Обґрунтування вибору матеріалів

Плата повинна мати:

низька діелектрична проникність для зменшення паразитних ємностей між провідниками;

- мінімальні витрати;
- механічна міцність;
- Температурна стабільність 240-2700С
- плоска поверхня без механічних пошкоджень;
- стабільність електричних параметрів під час роботи;

Ці вимоги найбільш тісно відповідають штампуванню скловолокна марки СФ-2-50 ГОСТ 10316-86. Він має хороше зчеплення з провідним покриттям, мінімальну деформацію в процесі виробництва та експлуатації. Припой, що використовується для пайки ІМС та інших елементів, повинен бути олов'яно-свинцевий марки ПІК-61 ГОСТ 1499-70.

Вона має низьку температуру плавлення 1900°C , яка захищає плату і ІС від перегріву при пайку, забезпечує механічно міцний зв'язок і має антикорозійні властивості. При пайку неможливо використовувати кислотні флюси. Доцільно використовувати безкислотний потік FKSS OST 4ТО.033.200 з хорошим ефектом промивання і без впливу на стійкість до ізоляційних залишків флюсу, щоб він не

					БР.171.061.004 ПЗ	Алк
Змн.	Алк.	№ докum.	Підпис	Дата		53

був видалений після пайки. При необхідності видаляють залишки ацетоном або спиртом.

Підготовка, монтаж і пайка елементів шарніра здійснюється згідно з ОСТ 4ГО.054-95.

Після установки і збільшення опору ІМС і гілок проти кліматичного ефекту, пластина покрита захисними лаками.

Цей пристрій повинен бути покритий трьома шарами з епоксидною фарбою ЕР-730.

Оптимальна товщина шару лаку - 35-100 мкм. Температура сушіння не перевищує робочу температуру мікросхеми.

Висновки

Обрали матеріали для монтажу елементів. Вибрали склотекстоліт марки СФ-2-50 ГОСТ 10316-86 і олов'яно-свинцевий припій ПОС-61.

					БР.171.061.004 ПЗ	Апк
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		54

6. ТЕХНОЛОГІЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ПРИЛАДУ

6.1 Маршрутна технологія виготовлення друкованої плати

Спосіб виготовлення друкованої плати заснований на двох методах: нанесення малюнка і отримання електропровідного покриття.

У цьому проекті креслення використовується в офсетному друку, оскільки забезпечує достатню точність і дозвіл при нанесенні зображення, але не вимагає багато роботи і не потребує складного обладнання.

Спосіб отримання струмопровідного покриття є комбінованим негативним, оскільки дозволяє здійснювати двосторонню установку і забезпечує надійну інокуляцію провідників на основі, а також дозволяє роботу схеми в різних температурних режимах.

6.2 Маршрутна технологія збірки та монтажу схеми

Процес встановлення та встановлення вузлів друку складається з наступних кроків:

- 1 підготовча робота;
- 2 Встановлення елементів на дошці;
- 3 Розділіть дошку.

Підготовчі операції включають в себе контроль над елементарною базою, яка забезпечує тільки відповідні елементи для складання. У той же час параметри елементів перевіряються відповідно до ТУ.

Розміщення об'єктів на борту повинно здійснюватися вручну за допомогою фіксуючих штифтів на безперервній конвеєрній лінії так, щоб весь процес поділявся на окремі операції, синхронізовані з годинником.

Група пайки елементів для виконання припою хвилі.

Керування готовими друкованими пристроями здійснюється у два етапи:

1 візуальний огляд (відповідність конструкції або креслення репрезентативних візерунків, надійність механічного кріплення радіо, для відслідковування лідера та контролю якості);

					БР.171.061.004 ПЗ	Арк
						55
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		

2 Радіюуправління (вузол вузла, контролер для адаптації карти резистора, карта напруги, перевірка параметрів схеми).

Висновки

Обрали метод виготовлення друкованої плати, та монтаж та контроль плати.

					БР.171.061.004 ПЗ	Анк
Змн.	Анк.	№ докum.	Підпис	Дата		56

7.ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ

7.1. Розрахунок собівартості та оптової ціни

Вихідні дані

Усі вихідні дані та нормативні матеріали приведені по базовому підприємству.

Для того, щоб зберегти ринкову рівновагу (співвідношення між попитом і пропозицією) річний умовний випуск виробу, що проектується складає 1700 штук.

Категорія складності – 2

Група новизни – 3

Ефективний фонд часу за місяць складає 190 годин.

Мінімальна заробітна плата складає 1550 грн. (враховуючи поправочний коефіцієнт, коефіцієнт інфляції і галузевий коефіцієнт інфляції).

Загальна трудомісткість робіт на дослідно-конструкторські роботи складає 200

Інвестиції на впровадження нової техніки складають **36400** грн.

Собівартість до впровадження нової техніки складає 919.04 грн.

Призначення виробу, його скорочена технічна характеристика.

Основні технічні характеристики:

- Измерение частоты до 50 МГц
- Измерение напряжения источника питания в диапазоне 0...25.5 В
- Измерение входного напряжения с помощью двух аналоговых входов и одновременное отображение КСВ/мощности на индикаторе в форме линейной шкалы. Чувствительность аналогового входа можно выбирать из ряда 0.25 В, 0.5 В, 1.0 В и 2.0 В.

- Введен режим пониженного потребления энергии, в который устройство переходит автоматически, отключая индикацию, если в течение некоторого времени не происходило ни нажатия кнопки, ни изменения частоты. Возврат в рабочий режим происходит после нажатия кнопки или после изменения измеряемой частоты. Время перехода в режим пониженного потребления

					БР.171.061.004 ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		57

выбирается из ряда 3 с, 10 с, 30 с, 60 с, 120 с, 180 с и 240 с. Режим пониженного потребления можно отключить из меню

- Добавлена функция программного смещения измеренной частоты на величину от 0 до $\pm 99,999.9$ кГц. Это может быть удобно при исследовании гетеродинированных сигналов.

- Различные режимы индикации: XX.XX MHz, X.XXX MHz, XXX.X kHz

- Разрешение дисплея 100 Гц

- Погрешность измерения 12.5 Гц

- Гистерезис отображаемых значений 25 Гц

Призначення виробу

ЧАСТОТОМІР – прилад для вимірювання частот періодичних процесів або частот гармонічних складових спектра сигналу.

Застосовуються хвилеміри, тахометри, логометри та ін.

При експлуатації радіоприладів і електротехніки також широко застосовується більш вдосконалений аналог вимірювального приладу - цифровий частотомір.

Робота цифрового частотоміра полягає в вимірі точної кількості імпульсів окремого сигналу за певний відрізок часу. За допомогою цього приладу можна дізнатися точну частоту, на яку налаштований приймач, трансивер або інший подібний технічний пристрій. В останні роки особливою популярністю користується кишеньковий цифровий частотомір, принцип дії якого ідентичний настільного цифровому частотоміри.

Вольтметри цього типу вимірюють напругу більш точно, ніж аналогові. Принцип роботи заснований на перетворенні аналогового вхідної напруги в цифровий код, що надходить на цифровий еталонний пристрій, який перетворює отриманий двійковий код в десяткове число, яке відображається на дисплейній панелі. Точність вимірювання напруги залежить від розсуду приладу аналого-цифрового перетворювача.

					БР.171.061.004 ПЗ	Апк
						58
Змн.	Апк.	№ докum.	Підпис	Дата		

Розрахунок витрат на дослідно-конструкторські роботи ДКР.

Супергетеродинний приймач, призначений для прийому місцевих радіо станцій в діапазонах довгих та середніх хвиль на внутрішню магнітну антену.

Розрахунок витрат на ДКР.

Загальну суму витрат на виконання конкретної ДКР називають кошторисною вартістю і розраховують за такими калькуляційними статтями витрат: Кошторисна вартість ДКР розраховується за наступними статтями витрат:

Стаття 1. «Основна заробітна плата виконавцям».

Стаття 2. «Додаткова заробітна плата виконавцям».

Стаття 3. «Про збір та облік єдиного внеску на загальнообов'язкове державне соціальне страхування». Стаття 4. «Консультації».

Стаття 5. «Матеріали для виконання робіт за договором».

Стаття 6. «Купівля комплектуючих виробів, малоцінного інвентарю».

Стаття 7. «Купівля обладнання».

Стаття 8. «Експериментально-виробничі витрати:

- в лабораторіях, майстернях, приміщеннях організації;
- на підприємствах, майстернях і закладах, неналежних організації».

Стаття 9. «Відрядження, пов'язані з виконанням робіт».

Стаття 10. «Накладні витрати».

1.3.1. Розрахунки трудомісткості по етапам проведення технологічного процесу, які необхідні для розрахунку витрат згідно Статті 1 «Основна заробітна плата виконавцям».

Для розрахунків цієї статті необхідні наступні вихідні дані:

- посадові оклади за місяць (Таблиця 1);
- трудомісткість окремих робіт (Табл.2; Табл.3; Табл.4; Табл.5; Табл.6);
- ефективний фонд часу - 190 годин.

Приклад розрахунку

					БР.171.061.004 ПЗ	Апк
Змн.	Апк.	№ докum.	Підпис	Дата		59

Таблиця 1 ПОСАДОВІ ОКЛАДИ ЗА МІСЯЦЬ

Найменування посади	Тарифний розряд	Тарифний коефіцієнт	Оплата за місяць, грн	Оплата за годину, грн
Ведучий конструктор	18	5,34	8277	43,11
Інженер-конструктор I категорії	17	4,85	7517,5	39,15
Інженер-конструктор II категорії	16	4,41	6835,5	35,6
Інженер-конструктор III категорії	15	4,01	6215,5	32,37
Інженер-технолог I категорії	17	4,85	7517,5	39,15
Інженер-технолог II категорії	16	4,41	6835,5	35,6
Технік-конструктор I категорії	14	3,90	6045	31,48
Технік-конструктор II категорії	13	3,70	5735	29,87
Технік-технолог I категорії	14	3,90	6045	31,48
Технік-технолог II категорії	13	3,70	5735	29,87
Інженер-економіст	18	5,34	8277	43,11
Художник-конструктор	16	4,41	6835,5	35,6
Лаборант	10	2,90	4495	23,41
Старший технік-конструктор	15	4,01	6215,5	32,37

Таблиця 2 ТРУДОМІСТКІСТЬ КОНСТРУКТОРСЬКОЇ ДОКУМЕНТАЦІЇ

Найменування документації	Категорія складності	Кількість	Норма часу, год	Всього годин	Професія виконавця
Збиральне креслення загального виду	2	1	1	1	Інженер-конструктор I категорії
Креслення печатної плати	2	1	18	18	Інженер-конструктор II категорії

Всього 19

Таблиця 3 ТРУДОМІСТКІСТЬ РОЗРОБКИ СХЕМИ ВИРОБУ!

Види схем	Група новизни	Категорія складності	Норма часу, год	Професія виконавця
Обґрунтування виробу схеми електричної принципової і опис її роботи	3	2	6	Ведучий конструктор
Схема електрична принципова	3	2	6	Ведучий конструктор

Всього: 12

Таблиця 4 ТРУДОМІСТКІСТЬ ВИКОНАННЯ ІНЖЕНЕРНИХ РОЗРАХУНКІВ

Зміст робіт	Група новизни	Категорія складності	Норма часу, год	Професія виконавця
Обґрунтування вибору елементної бази	3	2	12	Ведучий конструктор
Виконання розрахункової частини	3	2	7	Інженер-конструктор 1 категорії
Обґрунтування виробу та опис конструкції	3	2	14	Інженер-конструктор 1 категорії

Всього 33

Таблиця 5 НОРМИ ЧАСУ НА ОФОРМЛЕННЯ ДОКУМЕНТАЦІЇ І ДЕЯКИХ ІНШИХ ВИДІВ РОБІТ

Найменування документу чи видів робіт	Група новизни	Категорія складності	Норма часу, год	Професія виконавця
Отримання завдання на проектування, ознайомлення з ним, робота з технічною літературою	3	2	2	Ведучий конструктор
Оформлення технічних	3	2	2,5	Інженер-конструктор

					БР.171.061.004 ПЗ	Апк
Змн.	Апк.	№ докum.	Підпис	Дата		62

умов				I категорії
Обробка промислово-художньої естетики виробу	3	2	14	Художник-конструктор
Складання специфікації	3	2	1,5	Технік-конструктор I категорії
Складання переліку елементів	3	2	1	Технік-конструктор I категорії
Складання відомості покупних виробів	3	2	1,7	Технік-конструктор II категорії
Складання технічного паспорту	3	2	5	Інженер-конструктор I категорії
Складання пояснювальної записки	3	2	9	Інженер-конструктор II категорії
Конструкторський контроль	3	2	1	Ведучий-конструктор I категорії
Нормо контроль креслень	3	2	1	Інженер-конструктор I категорії
Нормо контроль текстових документів	3	2	0,5	Інженер-конструктор II категорії
Технологічний контроль	3	2	1,5	Інженер-технолог I категорії
Експлуатаційні документи	3	2	1	Інженер-конструктор I категорії
Інструкція по ремонту	3	2	1	Інженер-технолог II категорії
Розробка креслень деталей корпусних, литих та інших	3	2	1,5	Конструктор II категорії
Розробка інших оригінальних деталей	3	2	-	Технік-конструктор
Змн.	Дрк.	№ докum.	Підпис	Дата

Всього 44,2
БР.171.061.004 ПЗ

Дрк

63

**Таблиця 6 ТРУДОМІСТКІСТЬ І ВИПРОБУВАННЯ ДОСЛІДНОГО
ЗРАЗКУ**

Види робіт	Група новизни	Категорія складності	Норма часу, год	Професія виконавця
Виготовлення деталей	3	2	4	Старший технік-конструктор
Інші роботи	3	2	3	Старший технік-конструктор
Збірка, наладка, здача	3	2	4	Старший технік-конструктор
Випробування зразку	3	2	1	Інженер-технолог І категорії

Всього: 12

1.4.1 Розрахунок Статті 1 «Основна заробітна плата виконавцям».

Таблиця 7 ОСНОВНА ЗАРОБІТНА ПЛАТА ВИКОНАВЦІВ

Трудомісткість, год* Оплата за годину, грн= Сума, грн

Склад робіт за ДКР	Професія виконавця	Трудомісткість, год	Оплата за годину, грн	Сума, грн.
Отримання завдання на проектування, ознайомлення з ним, робота з технічною	Ведучий конструктор	1,5	31,40	47.1

					БР.171.061.004 ПЗ				Апк
Змн.	Апк.	№ док.	Підпис	Дата					64

літературою				
Обґрунтування вибору схеми електричної принципової і опис її роботи	Ведучий конструктор	11	31,40	345.4
Обґрунтування вибору елементної бази	Ведучий конструктор	13	31,40	408.2
Виконання розрахункової частини	Інженер-конструктор І категорії	18	28,52	512.36
Обґрунтування виробу та опис конструкції	Інженер-конструктор І категорії	8	28,52	228.16
Обробка промислово- художньої естетики виробу	Художник- конструктор	15	25,93	388.95
Оформлення технічних умов	Інженер-конструктор І категорії	2	28,52	57.0
Графічна частина: - Збиральне креслення загального виду - Креслення печатної плати - Схема електрична принципова	Інженер-конструктор І категорії Інженер-конструктор ІІ категорії Ведучий конструктор	3 17 6	28,52 25,93 31,40	85.56 440.81 188.4
Складання специфікації	Технік-конструктор І категорії	15	22,93	343.93
Складання переліку елементів	Технік-конструктор І категорії	1	22,93	22.93
Складання відомості покупних виробів	Технік-конструктор ІІ категорії	1,5	21,76	32.64
Складання технічного	Інженер-конструктор	6	28,52	171.12
Змн.	Док.	№ док.	Підпис	Дата
БР.171.061.004 ПЗ				Док
				65

паспорту	I категорії			
Складання пояснювальної записки	Інженер-конструктор II категорії	7,5	25,93	194.48
Конструкторський контроль	Ведучий конструктор	1	31,40	31.40
Нормо контроль текстових документів	Інженер-конструктор II категорії	0,8	25,93	20.74
Технологічний контроль	Інженер-технолог I категорії	2	28,52	57.04
Експлуатаційні документи	Інженер-конструктор I категорії	1	28,52	28.52
Інструкція по ремонту	Інженер-технолог II категорії	1	25,93	25.93
Розробка креслень деталей корпусних, литих та інших	Інженер-конструктор	0,5	25,93	12.97
Розробка інших оригінальних деталей	Технік-конструктор	-	22,93	-
Виготовлення деталей	Старший технік- конструктор	4	23,83	95.32
Інші роботи	Старший технік- конструктор	2	23,83	47.66
Збірка, наладка, здача	Старший технік- конструктор	4	23,83	95.32
Випробування зразку	Інженер-технолог I категорії	1	28,52	28.52
Нормо контроль креслень	Інженер-конструктор II категорії	1.5	25,93	38.89

І того пряма заробітна плата – 3949.34

Премії і доплати 15% - 592

					БР.171.061.004 ПЗ	Анк
Змн.	Анк.	№ докум.	Підпис	Дата		66

Всього основна заробітна плата – 4541 грн +
основна

1.3.2. Розрахунок Статті 2 «Додаткова заробітна плата виконавцям».

Виплачується за узаконені відсутності у відповідальності з існуючим законодавством, і складає 10% від основної заробітної плати. Розрахунок проводиться за формулою:

$$З_{\text{дод}} = (З_{\text{осн}} \times 10\%) / 100\%, \text{ грн.}$$

де $З_{\text{осн}}$ - основна заробітна плата.

$$З_{\text{дод}} = (4541 \times 10\%) / 100\%$$

$$З_{\text{дод}} = 454.1 \text{ грн.}$$

1.3.3. Розрахунок Статті 3 «Про збір та облік єдиного внеску на загальнообов'язкове державне соціальне страхування».

Відрахування складають 22% від суми основної і додаткової заробітної плати. Розрахунок проводиться за формулою:

$$В_{\text{зоев}} = ((З_{\text{осн}} + З_{\text{дод}}) \times 22\%) / 100\%, \text{ грн.}$$

$$В_{\text{зоев}} = ((4541 + 454.1) \times 22\%) / 100\%$$

$$В_{\text{зоев}} = 1098.922 \text{ грн.}$$

1.3.4. Розрахунок Статті 4 «Консультації».

Для отримання інформації по теоретичним питанням є потреба в використанні різних спеціалістів.

Розрахунки зводимо до таблиці 8.

Предмет консультації	Консультант	Кількість годин	Оплата за годину, грн	Сума, грн
Розрахункова частина	Ведучий конструктор	13	31,4	408.2
Технологічна частина	Інженер-технолог 1	9	28,52	256.68

					БР.171.061.004 ПЗ	Апк
Змн.	Апк.	№ докum.	Підпис	Дата		67

	категорії			
Консультації по економічній частині	Інженер-економіст	11	31,4	345.4

Всього

1010.28

1.3.5. Розрахунок Статті 5 «Матеріали для виконання робіт за договором».

Ця стаття включає до себе витрати на купівлю основних матеріалів, на виконання необхідних робіт з урахуванням транспортно - заготівельних витрат, а також вартість канцтоварів, фотоматеріалів тощо. На купівлю канцтоварів передбачаються витрати в розмірі 250 гривень.

Розрахунок витрат зводимо до таблиці 9.

Найменування матеріалів	Марка ДСПУ ТУ	Одиниці виміру	Норма витрат	Ціна за один., грн	Сума, грн	Примітка
Припой	ПОС61	кг	0.09	125	30.5	Вільні ціни
Фольговий стеклотекстоліт	СП 1	дм2	1.1	9	11.25	Вільні ціни
Канцелярські матеріали	-	-	-	-	65	Вільні ціни

Разом 106.75 сума+

Транспортно-заготівельні витрати - 20% 21.35

Всього 128.1 загальна+ 20%

1.3.6. Розрахунок Статті 6 «Купівля комплектуючих виробів, малоцінного інвентарю».

					БР.171.061.004 ПЗ	Апк
Змн.	Апк.	№ док.	Підпис	Дата		68

Ця стаття включає до себе витрати на купівлю комплектуючих виробів і напівфабрикатів, інструментів з урахуванням транспортно - заготівельних витрат. Розрахунок зводимо до таблиці 10.

Найменування комплектуючих виробів і напівфабрикатів	Одиниці виміру	Норми витрат	Ціна за один., грн	Сума, грн
Резистори	шт.	29	0,2	5,8
Змінний резистор	шт.	1	0,7	0,7
Конденсатори	шт.	22	0,4	8,8
Змінні конденсатори	шт.	1	18	18
Транзистори	шт.	5	3,4	17
Кварцевий резонатор	шт.	2	8	16
Мікросхеми	шт.	4	80	320
Котушки	шт.	3	1,5	4,5
Діод	шт.	4	0,2	0,8
Порти входу	шт.	3	7	21
Вимикач	шт.	1	1	1
Джерело живлення	шт.	1	40	40

Разом 453,6

Транспортно - заготівельні витрати - 20% 90,72

Всього 544,32

1.3.7. Розрахунок Стаття 7 «Купівля обладнання».

Ця стаття включає до себе витрати на купівлю, доставку і монтаж лабораторного обладнання, вимірювальних і регулюючих виробів і приладів, випробувальної апаратури/а також іншого обладнання, необхідного для виконання поданої теми.

					БР.171.061.004 ПЗ	Апк
						69
Змн.	Апк.	№ док.	Підпис	Дата		

Через те, що спеціальне обладнання за наданою темою не передбачене, то витрати по цій статті також не передбачені.

1.3.8. Розрахунок Статті 8 «Експериментально - виробничі витрати».

Ця стаття включає до себе ті грошові витрати, які не ввійшли до попередньої статті. Наприклад: затрати на виготовлення стендів, випробувальної апаратури, приладів та ін.

Витрати по цій статті не передбачені.

1.3.9. Розрахунок Статті 9 «Відрядження, пов'язані з виконанням робіт».

Через те, що відрядження не передбачається, розрахунок по цій статті не враховується.

1.3.10. Розрахунок Статті 10 «Накладні витрати (Нв)».

За даними практики накладні витрати складають 75% від основної заробітної плати. Розрахунок проводиться за формулою:

$$B_n = (Z_{\text{осн}} \times 75\%) / 100\%, \text{ грн.}$$

$$B_n = (3949 \times 75\%) / 100$$

$$H_v = 2961 \text{ грн.}$$

Результати заносимо до таблиці 11.

КОШТОРИС ВИТРАТ НА ДОСЛІДНО-КОНСТРУКТОРСЬКІ РОЗРОБКИ

Найменування статей	Сума , грн	В % від результату
Стаття 1 «Основна заробітна плата виконавцям».	4541	35.41
Стаття 2 «Додаткова заробітна плата виконавцям».	454.1	3.541
Стаття 3 «Про збір та облік єдиного внеску на загальнообов'язкове державне соціальне страхування».	1098	10.98
Стаття 4 «Консультації».	1010	10.1
Стаття 5 «Матеріали для виконання робіт за договором».	128	0.15
Стаття 6 «Купівля комплектуючих виробів, малоцінного інвентарю».	544	5.44
Стаття 7 «Купівля обладнання».	-	-

					БР.171.061.004 ПЗ	Апк
						70
Змн.	Апк.	№ докum.	Підпис	Дата		

1.4.3.Розрахунок Статті 3 «Основна заробітна плата виробничих робітників».

Ця стаття включає заробітну плату робітників, зайнятих виготовленням даного виробу

Вихідні дані для розрахунку:

- перелік технологічних операцій;
- норми часу по операціям;
- розряди виконуючих робіт та відповідні тарифні ставки;
- відсоток премій та доплат.

Розрахунок зводиться в таблицю 12.

Склад технологічних операцій	Розряд	Норма часу, год	Хто повинен робити	Тарифна ставка, грн	Сума, грн
1 Заготівельна	4	0.7	Ведучий конструктор	11	7.7
2Оброблювальна.	4	0,3	Інженер-конструктор І категорії	12	3.6
3 Монтажна	5	1	Інженер-технолог І категорії	12	12
43Биральна	5	0,6	Технік-конструктор І категорії	12	7.2
5Наладка	6	0,5	Технік-технолог І категорії	15	7,5
Інші	4	0,4	Інженер-	11	4.4

роботи			економіст		
--------	--	--	-----------	--	--

Всього пряма заробітна плата 42.4

Премії, доплати 15% 6.36

Всього основна заробітна плата 48.76

1.4.4. Розрахунок Статті 4 «Додаткова заробітна плата виробничих робітників».

Виплачується за узаконені відсутності у відповідності з існуючим законодавством, і складає 10% від основної заробітної плати. Розрахунок проводиться за формулою:

$$З_{\text{дод}} = (З_{\text{осн}} \times 10\%) / 100\% , \text{ грн. табл 12}$$

де $З_{\text{осн}}$ - основна заробітна плата

$$З_{\text{дод}} = (48.76 \times 10\%) / 100\%$$

$$З_{\text{дод}} = 4.876 \text{ грн.}$$

1.4.5. Розрахунок Статті «Про збір та облік єдиного внеску на загальнообов'язкове державне страхування».

Відрахування складають 22% від суми основної і додаткової заробітної плати. Розрахунок проводиться за формулою:

$$В_{\text{см}} = ((З_{\text{осн}} + З_{\text{дод}}) \times 22\%) / 100\% , \text{ грн.}$$

$$В_{\text{см}} = ((48.76 + 4.876) \times 22\%) / 100\%$$

$$В_{\text{см}} = 11.79 \text{ грн.}$$

1.4.6. Розрахунок Статті 6 «Витрати на освоєння нових видів продукції».

Через те, що фінансування ведеться з фонду розвитку виробництва, витрати за цією статтею не враховуються.

1.4.7. Розрахунок Статті 7 «Відшкодування зносу інструменту та пристосувань цільового призначення».

Ці витрати обчислюються у відсотках (16%) від основної заробітної плати:

$$В_{\text{зі}} = 0,16 \times З_{\text{осн}} , \text{ грн. табл 12}$$

$$В_{\text{зі}} = 0,16 \times 48.76$$

$$В_{\text{зі}} = 7.8016 \text{ грн.}$$

БР.171.061.004 ПЗ

					Всього	Док.
Змн.	Док.	№ док.	Підпис	Дата		73

1.4.8. Розрахунок Статті 8 «Витрати на утримання і експлуатацію обладнання».

Витрати за цією статтею розраховуються як 20% від прямої заробітної плати:

$$V_{yo} = 0,2 \times Z_{пр}, \text{ грн. прямої}$$

$$V_{yo} = 0,2 * 42.4$$

$$V_{yo} = 8.48 \text{ грн.}$$

1.4.9. Розрахунок Статті 9 «Цехові витрати».

Витрати на утримання цехового персоналу, споруд цеху, охорони праці та інші цехові витрати складають 75% від прямої заробітної плати:

$$V_{ц} = 42.4 * 0,75 = 31.8 \text{ грн.}$$

1.4.10. Розрахунок Статті 10 «Загально заводські витрати».

Витрати пов'язані з управлінням, обслуговуванням і організацією виробництва по підприємству в цілому складають 75% від прямої заробітної плати:

$$V_{зз} = 42.4 * 0,75 = 31.8 \text{ грн прямої}$$

Розраховуємо виробничу собівартість як суму 11-ти статей:

$$C_{\text{вир}} = 41.75 + 544,32 + 48.76 + 4.876 + 11.79 + 7.8016 + 8.48 + 31.8 + 31.8 = 731.38 \text{ грн. 2стати}$$

1.4.11. Розрахунок Статті 11 «Невиробничі витрати».

Невиробничі витрати пов'язані з реалізацією продукції і розраховуються як 30% від виробничої собівартості:

$$V_{\text{невир}} = 731.38 * 0,3 = 219.414 \text{ грн.}$$

2.11.1 Розраховуємо повну собівартість як суму виробничої собівартості і невикористаних витрат:

$$C_{\text{п}} = C_{\text{вир}} + V_{\text{невир}}$$

$$C_{\text{п}} = 731.38 + 219.414$$

$$C_{\text{п}} = 950.794 \text{ грн.}$$

2.11.2 Розраховуємо оптово випускную ціну виробу (ОВЦ):

$$\text{ОВЦ} = C_{\text{п}} + \Pi_{\text{пл}}$$

де $\Pi_{\text{пл}}$ - плановий прибуток який розраховується за формулою

					БР.171.061.004 ПЗ	Апк
Змн.	Апк.	№ док.	Підпис	Дата		74

$$П_{пл} = C_{п} \times 10\%$$

$$П_{пл} = 950.79 \times 0,1 = 95.07 \text{ грн.}$$

$$ОВЦ = 950.79 + 95.07 = 1045.86 \text{ грн.}$$

Таблиця 13 КАЛЬКУЛЯЦІЯ СОБІВАРТОСТІ ВИРОБУ

Найменування статей	Сума,грн	В % від результату
Стаття 1 «Основні матеріали».	41.75	8.9
Стаття 2 «Купівля комплектуючих виробів і малоцінного інвентарю».	544,32	40.8
Стаття 3 «Основна заробітна плата виробничих робітників».	48.76	9.9
Стаття 4 «Додаткова заробітна плата виробничих робітників».	4.876	0.99
Стаття 5 «Про збір єдиного внеску на загальнообов'язкове державне страхування».	11.79	3.78
Стаття 6 «Витрати на освоєння нових видів продукції».	-	-
Стаття 7 «Відшкодування зносу інструменту та пристосувань цільового призначення».	7.8016	1.68
Стаття 8 «Витрати на утримання і експлуатацію обладнання».	8.48	1.8
Стаття 9 «Цехові витрати».	31.8	6.9
Стаття 10 «Загально заводські витрати».	31.8	6.9
Стаття 11 «Невиробничі витрати».	219.414	40.5

Всього 909.04

100%

7.2. Розрахунок економічної ефективності

Підвищення ефективності виробництва базується на високих темпах впровадження нової технології і прискорення науково - технічного прогресу. Нова

					БР.171.061.004 ПЗ	Апк
Змн.	Апк.	№ докum.	Підпис	Дата		75

техніка повинна: забезпечувати економію суспільної праці і підвищення на цій основі рентабельності виробництва.

Потрібно розрізняти натуральні і грошові показники ефективності (збільшення часу експлуатації надійності виробів покращення їх експлуатаційних нормативів, звільнення виробничих площ і організація на них випуску додаткової продукції, скорочення чисельності всіх категорій робітників, скорочення норм витрат матеріалів, зменшення норм витрат технічного палива).

Впровадження нової техніки повинно забезпечити зменшення витрат на одиницю продукції. Необхідно також визначити, чи вигідно вкладати кошти (капіталовкладення) у впровадження нової техніки.

Вигідність направлення інвестицій визначається терміном окупності, тобто періодом часу в роках, протягом якого інвестиції (підприємства, об'єднання) Вкладені в нову техніку, не лише окупляться, але й будуть приносити прибуток.

Об'єкти нової техніки, що мають час окупності більше нормативного, впроваджуватись не повинні.

3.1 Економічна ефективність розраховується за формулою:

$$E_{\text{річне}} = (C_1 - C_2) \times N_{\text{річне}} - E_n \times K_2 - K_1$$

де E_n - нормативний коефіцієнт ефективності капіталовкладень, який для підприємства машинобудівної галузі промисловості дорівнює 0,15

K - капіталовкладень які складають

$$K = 36400$$

$$E_{\text{річне}} = (919.04 - 909.04) \times 1700 - 0,15 \times 36400 = 11540 \text{ грн.}$$

3.2 Розрахунок строку окупності капіталовкладень.

Розрахунок ведеться за формулою:

$$T_{\text{ок(р)}} = \frac{K_2 - K_1}{(C_1 - C_2) \times N_{\text{річне}}}$$

$$T_{\text{ок(р)}} = 36400 / ((919.04 - 909.04) \times 1700) = 2.14 \text{ року}$$

3.3 Нормативний строк окупності який є величиною оберненою до E_n

$$T_{\text{ок(н)}} = 1/E_n, \text{ рік}$$

$$T_{\text{ок(н)}} = 1/0,15 = 6,67$$

					БР.171.061.004 ПЗ	Апк
Змн.	Апк.	№ докum.	Підпис	Дата		76

3.4 Розрахунок E_p -розрахунок коефіцієнту ефективності капіталовкладень, який є величиною, оберненою до $T_{ок(p)}$

$$E_{роз} = 1/T_{ок(p)}, \text{ рік}$$

$$E_p = 1/2,14 = 0,467$$

ВИСНОВОКИ:

Так як $T_{ок(p)} = 1,55$ року $< T_{ок(н)} = 6,67$, а $E_p = 0,467 > E_n = 0,15$, то впровадження нової техніки економічно доцільно.

					БР.171.061.004 ПЗ	Анк
Змн.	Анк.	№ докum.	Підпис	Дата		77

ВИСНОВКИ

Цифровий частотомір призначений для вимірювання частоти змінного або імпульсного напруги. Прилад компактніший в порівнянні з аналоговим виконанням, має мале енергоспоживання і більшу точність.

Були побудовані структурна, функціональна і принципова схеми, на яких було описано всіх блоків пристрою. Був зроблений вибір елементної бази. Також було вироблено моделювання в САПР в середовищі Proteus. У даній оболонці було зібрано проектоване пристрій, який при вимірюванні необхідних характеристик показує задовільну працездатність.

Метою даної випускної кваліфікаційної роботи було проведена розробка приладу, розрахунок параметрів і конструктивний розрахунок. Було розглянуто прилади і порівнені схожі цифрові частотоміри.

Таким чином, була розроблена конструкція радіоелектронного пристрою - цифрового частотоміра. Були проведені розрахунок електричних параметрів, електромагнітної сумісності, розрахунок теплових режимів, розрахунок основних конструкторських параметрів проектованого пристрою.

Було обрано параметри, які задовольняють прилад для вирішення задачі. Розглянуто технічні вимоги, блок-схема, принцип роботи приладу, опис кожного блоку. Також принцип роботи схеми електричної принципової. Основні режими роботи приладу і опис органів керування.

В даному випадку було замінено блок підсилення сигналу і підібрано інший цифрові індикатори. Заміна блоку підсилення сигналу дала зменшити похибку вимірювання і підвищити точність.

					БР.171.061.004 ПЗ	Апк
Змн.	Апк.	№ док-м.	Підпис	Дата		78

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНОЇ НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Раннев Г. Г. Методы и средства измерений: Учебник для вузов / Г. Г. Раннев, А.П. Тарасенко. – 2-е изд., стереотип. – М.: Издательский центр «Академия», 2004. – 336 с.
2. Боднер В. А., Алферов А. В. Измерительные приборы: Учебник для вузов: В 2 т. – М.: Изд-во стандартов, 1986.
3. В.С. Гутников. Интегральная электроника в измерительных устройствах. – 2-е изд., перераб. и доп. – Л.: Энергоатомиздат. Ленингр. отд-ние, 1988.
4. Журнал «Радио», ст. 42, №10, 1989 г.
5. Цифровые и аналоговые микросхемы: Справочник/ С.В. Якубовский - 1989.
6. <https://fizmat.7mile.net/lpr-toe/lpr-12-microkontroler.htm>
7. Интегральные микросхемы: Операционные усилители Том 1. - М.:Физматлит, 1993
8. Хорвиц П., Хил У. Искусство схемотехники: в 2-х томах. Пер с англ.-М.: Мир,1983.
9. Головин О.В. Радиоприемные устройства - Учебник для техникумов. — М.: Горячая линия - Телеком, 2004. — 384 с.
10. Шилов В.Л. Популярные цифровые микросхемы: Справочник.- М.: Радио и связь, 1987.- 352 с., ил. (Массовая радиобиблиотека. Вып. 1111).
11. Дубровский В.В., Иванов Д.М., Пратусевич Н.Я. и др. Резисторы : Справочник/ Под ред. И.И. Четверткова и В.М. Терехова.- 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Радио и связь, 1991.- 528 с.: ил.
- 12.Разработка конструкций печатных плат. Методические указания к выполнению курсового проекта по дисциплине «Конструктивно-технологические особенности проектирования и изготовления модулей аппаратной реализации САУ». Составила Фомина Н.Н.
- 13.Разработка и расчет устройств радиоэлектронной аппаратуры. Методические указания к выполнению курсового проекта по дисциплине «Конструктивно-технологические особенности проектирования и изготовления модулей аппаратной реализации САУ». Составила Фомина Н.Н.
- 14.<https://radiokot.ru/circuit/digital/measure/73/>
- 15.<http://www.joyta.ru/515-cifrovoj-chastotomer-na-mikrokontrollere-pic16f84/>
- 16.Метрология, стандартизация и измерения в технике связи./под ред. Б.П. Хромого. –Москва: Радио и связь, 1986.
- 17.В.Д. Кукуш. Электрорадиоизмерения. –Москва: Радио и связь, 1985.
- 18.Метрологическое обеспечение и эксплуатация измерительной техники./од ред. В.А. Кузнецова. –Москва; Радио и связь, 1990.

					БР.171.061.004 ПЗ	Апк
						79
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ДОДАТКИ

ДОДАТОК А

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

1. Найменування і область використання.

Сучасні цифрові частотоміри в повній мірі відповідають вимогам зручності і надійності. Пристрої представлені в широкому модельному ряду, відрізняючись за розмірами, габаритами, особливостям конструкції і функціональності. При цьому для всіх приладів характерні загальні експлуатаційні властивості:

- компактність і ергономічна форма;
- легка вага і невеликі габарити;
- простота і зручність в управлінні;
- інтуїтивно зрозумілий інтерфейс;
- стійкість до радіоперешкод і шумів;
- легкість транспортування і монтажу.

Прилади багатоцільового використання мають різну комплектацію і призначені для вирішення завдань будь-якої складності. Пристрої відрізняються стійкістю до дії до факторів навколишнього середовища і робочого простору. Сучасні матеріали, що використовуються при виготовленні приладів, визначають довговічність в експлуатації.

Вольтметр частотомір може бути використаний як легкий портативний пристрій для базових вимірювань і усунення помилка, а також складний стаціонарний пристрій з багатьма функціями.

Частотомір цифрового вольтметра зазвичай точно вимірюється для кращих аналогових пристроїв. Типовий аналоговий частотомір вольтметра має точність приблизно $\pm 3\%$. Стандартні портативні цифрові пристрої зазвичай мають точність $0,5\%$ в діапазоні постійного струму. Інструменти лабораторного класу мають точність у кілька мільйонних відсотків.

					БР.171.061.004 ТЗ	Анк
Змн	Анк	№ докум.	Підпис	Дата		82

Більшість сучасних приладів, які мають електронні підсилювачі на вході, мають достатньо великий вхідний опір для того, щоб не змінювати роботу більшості схем. Значення цього опору зазвичай складає ~ 10 МОм.

Стандартизація вхідного опору робить можливим використання зовнішніх зондів високого опору, які утворюють ділник напруги.

Мінімальна вхідна напруга сигналу (мВ)	100
Максимальна вхідна напруга сигналу (В)	3
Нижня межа діапазону частот, Гц	10
Верхня межа діапазону частот, МГц	50
Коефіцієнт частотних похибок не більше, Гц	12.5
Робочий діапазон температур $^{\circ}\text{C}$	10 - 50
Час відображення частоти, с	5
Похибка дискретності вбудованого цифрового частотоміра, Гц	

2. Основа для виконання роботи.

Основою для проектування є завдання на дипломний проект.

3. Мета і призначення розробки.

Метою розробки є схемотехнічне проектування апаратно – програмного комплексу електронної системи моніторингу життєвих показників людини. Система призначена для відстеження стану людини в режимі реального часу.

4. Технічні вимоги.

4.1. Вимоги до функціональних характеристик системи.

- Цей пристрій повинен мати високий опір і достатній опір ізоляції.
- при необхідності зберігати в умовах зберігання;
- Необхідно дотримуватися стандартів безпеки та зручності використання.
- Упаковка повинна бути захищена від ударів.
- числова система - двійкова;
- Керування за допомогою клавіатури з 1 клавішею;

4.2. Вимоги до надійності системи.

- надійність пристрою повинна бути не менше годин, визначених кінцевим розрахунком на надійність;
- строки виконання та захисту розрахунку схеми на надійність встановлюються відділом надійності;
- методика оцінки на надійність – розрахунки на надійність;
- місце проведення випробування пристрою на надійність – лабораторні умови;
- міри підвищення надійності – резервування елементів;
- вибір ЗІП проводиться по встановленим нормам і відповідає 10% від встановлених елементів.

4.3. Вимоги до технологічності.

Використання сучасної елементної бази з покращеними експлуатаційними характеристиками. Можливість виготовлення на обладнанні, до якого не висувається підвищених вимог.

4.4. Вимоги до рівня уніфікації та стандартизації.

Використання технологій та елементів, регламентованих стандартами, прийнятими на території України. Максимально уніфікувати деталі.

					БР.171.061.004 ТЗ	Апк
Змн	Апк	№ док-м	Підпис	Дата		84

5. Вимоги до складових частин виробу, сировини та експлуатаційних матеріалів.

Використовувати матеріали та компоненти серійного виробництва помірної вартості. Конструкція виробу має бути ремонтпридатною та забезпечувати можливість заміни елементів.

- елементна база – мікросхеми серії PIC16;
- мінімальна номенклатура мікросхем;
- максимальна уніфікація мікросхем;
- зручність, простота та безпека обслуговування;
- доступність до вузлів і деталей при регулюванні;
- мінімальна кількість органів керування та контролю;
- технологічність конструкції пристрою.

6. Результати роботи.

Робота повинна містити наступні документи:

- пояснювальну записку;
- схему електричну принципову;
- креслення друкованої плати;
- складальне креслення друкованої плати;
- перелік елементів;
- специфікацію;
- додатки.

					БР.171.061.004 ТЗ	Анк
Змн	Анк	№ док-м	Підпис	Дата		85

